



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA



ADAPTACIÓN DE LA RAÍZ DE AORTA AL ENTRENAMIENTO:
ESTUDIO EN DEPORTISTAS ESPAÑOLES DE ALTA COMPETICIÓN

TESIS DOCTORAL



ARACELI BORAITA PÉREZ
MADRID 2014

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA**

DEPARTAMENTO DE MEDICINA

**ADAPTACIÓN DE LA RAÍZ DE AORTA AL ENTRENAMIENTO:
ESTUDIO EN DEPORTISTAS ESPAÑOLES DE ALTA COMPETICIÓN**

TESIS DOCTORAL

Director: Dr. D. José Tuñón Fernández
Profesor Asociado del Departamento de Medicina.
Servicio de Cardiología. Fundación Jimenez Díaz

ARACELI BORAITA PÉREZ
MADRID 2014

AGRADECIMIENTOS

Al Centro Nacional de Medicina del Deporte y al Dr. Silvio Rubio, por confiar en mí, por su apoyo y por todas sus enseñanzas. Su dedicación a la Medicina del Deporte ha sido un constante estímulo para mí.

A Alicia Canda, por sus consejos y entusiasmo que han permitido que este trabajo vea la luz.

A Susana Higuera, por su inestimable apoyo y motivación que ha hecho que no desfalleciera en los momentos difíciles.

A Eugenia, por su paciencia y generosidad.

A Manuel Rabadan por sus horas de docencia sin esperar nada a cambio.

A Maite y Pilar, por su ayuda incondicional y permanente buena disposición.

A Amaia Varela por su inestimable ayuda y sus sabios consejos epidemiológicos.

A Maribel Barriopedro por sus enseñanzas estadísticas y su generosidad docente.

A todos mis compañeros del Centro de Medicina que de una u otra forma han colaborado en la realización de este estudio.

A los deportistas españoles de alta competición por su colaboración y disponibilidad sin los cuales este estudio no habría podido realizarse.

Al Consejo Superior de Deportes por proporcionarme la oportunidad de desarrollar mi carrera profesional en el mundo del deporte.

A todos los familiares y amigos que supieron disculpar mis ausencias.

A Ramiro mi amado esposo,
A mis queridos hijos Eduardo y Jorge,
A mí querida Familia,
A la memoria de mi maestro Luis G. Quintana Cebamanos

RESUMEN

Antecedentes: El Corazón del deportista viene siendo objeto de estudio por los cambios anatomo-funcionales que produce el entrenamiento en las cavidades cardíacas. La ecocardiografía se ha posicionado como la técnica de imagen más utilizada para su estudio, pero hay limitadas investigaciones sobre la aorta. Se han establecido los límites fisiológicos de la hipertrofia cardíaca del deportista, sin embargo existe controversia sobre cómo afectan a la raíz de la aorta los diferentes tipos de entrenamiento.

Objetivo: Establecer los límites fisiológicos del remodelado aórtico asociado con los distintos tipos de entrenamiento, según el grado del componente dinámico y estático por sexo, para definir los valores de referencia de las dimensiones de la aorta en deportistas de alto nivel.

Material y métodos: De los 4.739 deportistas de alto nivel distintos valorados en el Centro Nacional de Medicina del Deporte del CSD entre 1997 y 2013 fueron seleccionados 4267 libres de cardiopatía; 2.742 varones (64,3%) y 1.525 mujeres (35,7%), pertenecientes a 45 disciplinas deportivas, categorizadas en componente estático y dinámico. A todos se les realizó dentro del reconocimiento preparticipación deportiva un ECG de reposo y un ecocardiograma según un protocolo estandarizado siguiendo las normas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. La raíz de aorta se midió en telediástole en Modo 2D en el eje largo paraesternal con la aorta lo más horizontal posible de tal manera que se visualizase la mayor longitud de la aorta ascendente, obteniéndose medidas perpendiculares a nivel del plano valvular aórtico, de los senos de Valsalva, del anillo supraaórtico y de la aorta ascendente proximal. La mayoría de los deportistas realizaron ergoespiometría para valoración del consumo máximo de oxígeno. Para el análisis estadístico se utilizó un paquete estadístico (SPSS 19.0) y se realizó un estudio descriptivo de la muestra y un análisis inferencial. La significación estadística se fijó en 0,05. En el estudio de la fiabilidad intra e interobservador se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y su intervalo de confianza al 95%.

Resultados: Los valores absolutos medios de las dimensiones del ventrículo izquierdo y de las aurículas se encontraron dentro del rango de la normalidad. El consumo de oxígeno muestra valores medios elevados, de $48,5 \pm 7,5$ ml/Kg/min en las mujeres y $57,3 \pm 8,7$ en los hombres, con valores extremos de 77,3 y 88,3 ml/Kg/min. Los valores medios de la aorta en todos los planos se encontraron dentro del rango de la normalidad para la población general, tanto en valores absolutos como corregidos por la SC. La menor dimensión se encontró a nivel de plano valvular, $21,3 \pm 2,7$ mm en mujeres y $24,9 \pm 3,3$ en los hombres, mientras que la mayor se obtuvo a nivel de los senos de Valsalva, $26,7 \pm 3$ y $31,0 \pm 3,7$ mm en mujeres y hombres, respectivamente. En relación el componente dinámico los hombres presentaron unas dimensiones mayores que las mujeres en todos los planos con un rango que iba de 2,8 a 4,1 mm. Los deportistas de alto componente dinámico tenían aortas mayores a todos los niveles que los de moderado y bajo componente dinámico. Sin embargo, cuando estas dimensiones se corrigen por la SC no existen diferencias entre hombres y mujeres. En relación con el componente estático los hombres presentaron unas dimensiones mayores que las mujeres en todos los planos, con un rango que iba de 3,0 a 4,3 mm. Los deportistas de moderado componente estático tenían aortas mayores a todos los niveles que los de alto y bajo componente estático.

Conclusiones: La raíz de la aorta no tiene el mismo grado de adaptación fisiológica al entrenamiento que el resto de las cavidades cardiacas. La aorta apenas se dilata con el entrenamiento dinámico y prácticamente no se modifica con entrenamiento estático. El consumo de oxígeno y el gasto cardíaco parecen no asociarse con el tamaño de la aorta. La masa del ventrículo izquierdo es la variable más influyente en el tamaño de la aorta, seguida de la edad y de la superficie corporal. No se pueden atribuir marcadas dilataciones de la raíz de la aorta simplemente a la estatura, superficie corporal o al entrenamiento. Parece razonable que ante una aorta de grandes dimensiones se inicien estudios para descartar patología. La medida de la aorta mediante eco 2D debería implantarse dentro del protocolo de estudio ecocardiográfico de los deportistas.

INDICE

1. Introducción	1
1.1. Antecedentes y estado actual del corazón del deportista	2
1.2. Tipos de ejercicio físico. Clasificación de los deportes	4
1.2.1. Según el tipo de contracción muscular	4
1.2.2. Según las características bioenergéticas y metodológicas del entrenamiento	5
1.2.3. Según el componente estático y dinámico	6
1.2.4. Clasificación mixta de los deportes	7
1.3. Efectos del ejercicio en el corazón	9
1.3.1. Ventrículo izquierdo	11
1.3.2. Aurícula izquierda	13
1.3.3. Cavidades derechas	13
1.3.4. Vasos coronarios	14
1.3.5. Raíz de aorta	14
1.4. Factores condicionantes de las adaptaciones en el corazón del deportista	23
1.4.1. Tipo, intensidad y duración del ejercicio	23
1.4.2. Años de entrenamiento	29
1.4.3. Edad	29
1.4.4. Sexo	30
1.4.5. Dimensión y composición corporal	31
1.4.6. Factores endocrinos	32
1.4.7. Factores genéticos	32
1.5. Características morfológicas y funcionales de la aorta	34
1.6. Ecocardiografía y aorta	36
1.6.1. Generalidades	36
1.6.2. Medidas de aorta	41
1.7. Recapitulación	44
2. Hipótesis	46
3. Objetivos	48
3.1. Generales	48

3.2. Concretos	48
4. Material y métodos	50
4.1. Población de estudio	50
4.1.1. Grupo de estudio	50
4.1.2. Selección de la muestra	53
4.1.3. Muestra final	55
4.2. Equipamiento y personal	62
4.2.1. Electrocardiógrafos y esfigmomanómetros	62
4.2.2. Ecocardiógrafos	62
4.2.3. Antropometría	63
4.2.4. Ergoespirometro	64
4.2.5. Material informático	68
4.3. Protocolo de estudio	69
4.3.1. Medidas antropométricas	69
4.3.2. Electrocardiograma	69
4.3.3. Protocolo de estudio ecocardiográfico	70
4.3.4. Ergoespirometría	72
4.4. Análisis estadístico	75
4.4.1. Estadística descriptiva	75
4.4.2. Estadística diferencial	75
4.4.3. Fiabilidad	76
5. Resultados	78
5.1. Características generales de la muestra en función del sexo	78
5.2. Características generales de la muestra en función del componente dinámico y sexo	92
5.3. Influencia del componente dinámico y estático en función del sexo	102
5.3.1. Influencia del componente dinámico	102
5.3.2. Influencia del componente estático	112
5.3.3. Diferencias en el tamaño de la aorta entre hombres y mujeres en función del componente dinámico y estático.	118
5.4. Análisis de las relaciones entre las dimensiones de la aorta y otros parámetros	120

5.5. Baremos de las dimensiones de la aorta en función del sexo y del componente estático y dinámico	122
5.6. Fiabilidad	136
6. Discusión	139
6.1. Singularidad de la muestra	139
6.2. Características biométricas y de entrenamiento	142
6.3. Características de la adaptación cardiaca al entrenamiento	143
6.3.1. Espesores parietales	143
6.3.2. Diámetros, volúmenes y masa del ventrículo izquierdo	144
6.3.3. Aurículas	146
6.3.4. Velocidades de llenado mitral, gasto cardiaco y consumo de O ₂	146
6.4. Medidas ecocardiográficas de la raíz de aorta	147
6.4.1. Dimensiones de la aorta en modo M y 2 D	147
6.4.2. Influencias del componente dinámico en las medidas de la aorta en función del sexo	150
6.4.3. Influencias del componente estático en las medidas de las medidas de la aorta en función del sexo	151
6.5. Factores determinantes del tamaño de la aorta	153
6.6. Valores de referencia para la aorta en deportistas españoles	154
6.7. Limitaciones	155
7. Conclusiones	157
8. Bibliografía	160

ABREVIATURAS

ADSI	diámetro longitudinal supero inferior de aurícula derecha
AIAP	diámetro antero posterior de aurícula izquierda
AISI	diámetro longitudinal supero inferior de aurícula izquierda
ASE	American Society of Echocardiography
CNMD	Centro Nacional de Medicina del Deporte
CSD	Consejo Superior de Deportes
Dd	diámetro diastólico
DE	desviación estándar
Ds	diámetro sistólico
ECG	electrocardiograma
FC	frecuencia cardiaca
FE	fracción de eyección
GC	gasto cardíaco
HVI	hipertrofia ventricular izquierda
IC	índice cardíaco
lpm	latidos por minuto
M	monodimensional
máx	máximo
mín	mínimo
MVI	masa ventricular izquierda
MVO₂	consumo de oxígeno miocárdico
NS	no significativo
Pp	pared posterior
RAo	raíz de aorta
SC	superficie corporal
SIV	septo interventricular
TAD	tensión arterial diastólica
TAS	tensión arterial sistólica
VI	ventrículo izquierdo

VD	ventrículo derecho
VO₂	consumo de oxígeno
VO₂max	máximo consumo de oxígeno
VTD	volumen telediastólico
VTs	volumen telesistólico
2D	bidimensional

Introducción

1.1. Antecedentes y estado actual del corazón del deportista

El entrenamiento o ejercicio físico continuado, induce una serie de adaptaciones fisiológicas, morfológicas y funcionales, sobre el sistema cardiovascular que han sido descritas como síndrome de corazón del deportista. El grado de adaptación puede variar según la influencia de múltiples factores tanto constitucionales (superficie corporal, sexo, edad, y factores genéticos) como externos (intensidad, duración, y tipo de ejercicio ¹⁻⁴. Estas adaptaciones están encaminadas a aumentar su capacidad de transportar O₂ a la musculatura en activo, tanto a través de un aumento del gasto cardíaco (adaptación central), como de la capacidad del lecho vascular para acoger la mayor cantidad de sangre circulante (adaptación periférica). Estos cambios pueden afectar a las cuatro cavidades cardíacas originando agrandamiento de las mismas, y son considerados como adaptaciones fisiológicas benignas secundarias a la sobrecarga hemodinámica asociada al entrenamiento sistemático ⁵.

En las postrimerías del siglo XIX Henschen ⁶ fue quien por primera vez y mediante la percusión en el pecho hizo referencia a la cardiomegalia de un grupo de esquiadores de fondo. Años más tarde, con la aparición de la radiología diferentes autores confirmaron que los deportistas presentaban una silueta cardíaca de mayor tamaño que los sedentarios ^{7,8}. Pero fue con el desarrollo de la ecocardiografía cuando se pudo conocer mejor el corazón entrenado, ya que esta técnica no invasiva permite valorar el tamaño de las cavidades cardíacas, incluidos los grandes vasos. Disponemos desde los años 70 de estudios dirigidos a valorar las adaptaciones cardíacas secundarias a la sobrecarga hemodinámica asociada al entrenamiento, que mayoritariamente se han centrado en el estudio del ventrículo izquierdo. ^{3, 9-21}. Pero en la última década, gracias al desarrollo de las nuevas tecnologías de eco-doppler, han surgido estudios dirigidos a valorar las adaptaciones sobre el ventrículo derecho que han revolucionado los conocimientos sobre el corazón del deportista. El ventrículo derecho ha dejado de ser una cavidad pasiva y ha adquirido un papel activo en las adaptaciones del corazón del deportista, siendo considerado como el modulador de la sobrecarga hemodinámica que se produce con el ejercicio intenso y prolongado ²²⁻²⁶. Incluso hay algunos estudios

de las adaptaciones biventriculares realizados con cardioresonancia ^{27, 28}. Sin embargo, apenas hay información sobre las adaptaciones que sufren las cavidades auriculares y los grandes vasos ²⁹⁻³².

La ecocardiografía ha permitido por un lado descubrir y mejorar nuestro entendimiento sobre algunas de las adaptaciones morfológicas y funcionales experimentadas por el corazón entrenado, y por el otro descartar patologías cardíacas que puedan llevar a la muerte súbita del deportista. Entre las causas más frecuentes de muerte súbita en deportistas jóvenes de competición se encuentran las cardiopatías familiares, como la miocardiopatía hipertrófica y arritmogénica, las cardiopatías congénitas como las anomalías congénitas de las arterias coronarias y la patología aórtica (válvula aórtica bicúspide con afectación de la aorta y el síndrome de Marfan) ³³⁻⁴¹. Hoy día disponemos de la suficiente información científica como para poder establecer los límites fisiológicos de la hipertrofia del deportista ^{3, 21, 42, 43}, pero hay muy poca información de cómo se adapta la aorta al entrenamiento.

Se ha hipotetizado distinta adaptación según el tipo de entrenamiento presuponiendo que el entrenamiento de fuerza produce más sobrecarga hemodinámica sobre la aorta y por tanto originar mayor remodelado aórtico ^{44, 45}. Sin embargo, las investigaciones sobre la aorta son limitadas y no está claro si la sobrecarga hemodinámica durante los entrenamientos afecta a las dimensiones aórticas. Se desconoce si el entrenamiento afecta al tamaño de la aorta y si aumenta el riesgo de disección o rotura en deportistas altamente entrenados, por lo que es necesario establecer valores de referencia que permitan diferenciar entre lo fisiológico y lo patológico.

1.2. Tipos de ejercicio físico y clasificación de los deportes

1.2.1 Según el tipo de contracción muscular

El tipo de contracción muscular, la velocidad, intensidad y duración de la contracción, y la fuente energética utilizada son los principales factores que van a determinar las características de los distintos tipos de actividad física. El ejercicio físico **según el tipo de contracción muscular** se clasifica en dinámico o isotónico y estático o isométrico. **Ejercicio dinámico** es aquel en el que hay una contracción y relajación sucesiva de las fibras musculares, por ejemplo correr o nadar. Por **ejercicio estático o isométrico** se entiende aquel en el que se genera tensión en las fibras musculares sin cambios en la longitud muscular. Como ejemplo más característico tenemos la halterofilia. En realidad, en la mayoría de los ejercicios el tipo de actividad muscular es mixta y su clasificación se hace en función del tipo de contracción predominante ⁴⁶.

En el ejercicio de predominio dinámico en cuya realización interviene una gran masa muscular se produce un marcado aumento del consumo de O_2 (VO_2), del gasto cardíaco (GC), de la frecuencia cardíaca (FC), del volumen sistólico (VS) y de la tensión arterial sistólica (TAS); un moderado aumento de la tensión arterial media (TAM); una ligera disminución en la tensión arterial diastólica (TAD); y una marcada disminución en las resistencias periféricas totales (RPT). Por contra, en el ejercicio estático el aumento en el VO_2 , GC, y FC es muy ligero; el VS no se modifica; las TAS, TAD y TAM sufren un marcado aumento, y las RPT no disminuyen. Por tanto, mientras la sobrecarga para el ventrículo izquierdo (VI) en el ejercicio dinámico es fundamentalmente de volumen, en el estático lo es de presión. Los términos dinámico y estático caracterizan por tanto a la actividad según el tipo de acción mecánica, e independientemente del tipo de metabolismo preferentemente utilizado, aeróbico o anaeróbico. La velocidad, intensidad y duración de la contracción serán los principales determinantes de la vía metabólica más utilizada para la obtención de energía. Mientras que la mayoría de los ejercicios de tipo estático y elevada intensidad se realizan fundamentalmente a costa del metabolismo anaeróbico, los de tipo dinámico y de más de algunos minutos de duración utilizan sobre

todo la vía aeróbica. Sin embargo, hay que tener en cuenta que algunos ejercicios de tipo dinámico, como la carrera de velocidad o los saltos, son fundamentalmente anaeróbicos.

1.2.2 Según las características bioenergéticas y metodología de entrenamiento

Esto plantea una gran dificultad a la hora de clasificar los deportes en orden a poder afrontar las diversas exigencias de la preparación deportiva. Atendiendo a sus **características bioenergéticas** los deportes se clasifican en: 1.- **aeróbicos** en los que predominan los ejercicios de larga duración y de intensidad ligera-moderada, y en los que el aporte de O₂ es fundamental para la obtención de energía (ej. prueba de maratón, natación especialidades de fondo, ciclismo ruta); 2.- **anaeróbicos alácticos** ejercicios de muy corta duración y muy alta intensidad en los que el aporte energético proviene del ATP y de la fosfocreatina (ej. atletismo pruebas de 50 y 60 metros); 3.- **anaeróbicos lácticos** ejercicios de corta duración y alta intensidad (ej. atletismo 400 metros); y 4.- mixtos, es decir, **aeróbicos-anaeróbicos** (ej. fútbol, baloncesto, voleibol). Por otro lado, según la **metodología del entrenamiento** deportivo se agrupan en **deportes de fuerza y fuerza rápida** (ej. levantamientos de pesas, saltos y lanzamientos), **deportes de combate** (ej. boxeo, esgrima, judo), **deportes de resistencia** (ej. atletismo mediofondo y fondo, natación excepto las pruebas de menos de 100 metros, ciclismo carretera), deportes de juegos con pelotas (ej. fútbol, voleibol, baloncesto) y **deportes de coordinación y arte competitivo** (ej. gimnasia, natación sincronizada). Por tanto, comparar los efectos de deportes diferentes puede resultar realmente difícil ya que, aunque predomine la misma vía energética, las características intrínsecas del entrenamiento y en especial de la competición pueden diferir sustancialmente.

En los deportes individuales de resistencia en los que el ejercicio se realiza de manera continua (carrera de fondo, natación, ciclismo) la intensidad del ejercicio puede ser controlada por quien lo practica. Sin embargo, en los deportes de equipo en los que hay un contrario y una situación de juego, como es el caso del fútbol, baloncesto o voleibol, en ocasiones es necesario aumentar la intensidad del esfuerzo y utilizar vías energéticas anaeróbicas. Los cambios metabólicos variarán según la vía energética utilizada de forma predominante, que a su vez puede ser distinta según se trate de un entrenamiento o de una competición ⁴⁷.

1.2.3 Según el componente estático y dinámico durante la competición

La **tabla 1** muestra los diferentes deportes clasificados según su exigencia cardiovascular en función del máximo componente dinámico y estático durante la competición. Sin embargo, hay que tener en cuenta que dichos componentes pueden ser mayores durante el entrenamiento. El componente dinámico está definido en función del porcentaje estimado de consumo máximo de oxígeno (VO₂) y el componente estático en relación con el porcentaje de una contracción voluntaria máxima (CVM). Cuanto mayor porcentaje de VO₂ mayor gasto cardiaco y cuanto mayor componente estático mayor sobrecarga de presión arterial que se alcanzara al realizar dicho deporte.

TABLA 1. CLASIFICACION DE LOS DEPORTES



 COMPONENTE ESTÁTICO	III. ALTO >50% CVM	Bobsley*†, atl. lanzamientos, gimnasia*†, artes marciales*, vela, windsurfing*†, esquí acuático*†, halterofilia*†, alpinismo*†	Culturismo*†, esquí alpino*†, Snowboarding*†, skateboarding*†, lucha libre*	Remo, canoa, Kayak, boxeo*, decatión, ciclismo*†, patinaje velocidad*†, triatlón*†
	II. MODERADO 20-50% CVM	Tiro con arco, automovilismo*†, motociclismo*†, buceo*†, equitación*†	Atletismo saltos, atl. velocidad, rugby*, nat. sincronizada†, surfing*†, fútbol americano*	Baloncesto*, hockey hielo*, esquí travesía, atl. medio fondo, natación
	I. BAJO <20% CVM	Billar, bolos, críquet, golf, tiro olímpico	Baseball*, softball*, tenis de mesa, voleibol, esgrima	Bádminton, tenis, squash, esquí de fondo, hockey hierba*, carreras de orientación, marcha, atletismo fondo, fútbol
		A. BAJO <40 % VO ₂ max	B. MODERADO 40-70% VO ₂ max	C. ALTO >70% VO ₂ max
		COMPONENTE DINÁMICO 		

Tabla 1. Modificada de Mitchell ⁴⁶. *= Riesgo de contacto físico. †= Riesgo aumentado en caso de síncope.

1.2.4 Clasificación mixta de los deportes

Teniendo en cuenta la gran dificultad para clasificar un grupo tan numeroso y heterogéneo como el integrado por las diferentes disciplinas deportivas, con fines prácticos, la mayoría de los autores ¹⁹ se limitan a agrupar los diferentes deportes en tres grupos principales:

Actividades deportivas de tipo aeróbico o de resistencia (ciclismo de fondo en carretera, carrera de larga distancia, remo, esquí de fondo, etc.) en las que predomina el trabajo muscular de tipo dinámico y una demanda energética de tipo aeróbico, y en las que el corazón debe mantener un gasto cardíaco elevado durante un tiempo prolongado (varios minutos a horas) siendo sometido principalmente a una sobrecarga de volumen.

Actividades deportivas de potencia (saltos, lanzamientos, carrera de velocidad, etc.), en las que predomina el trabajo muscular de tipo explosivo y una demanda energética de tipo anaeróbico, y en las que el sistema cardiovascular es sometido a una sobrecarga de presión, en un esfuerzo breve pero muy intenso.

Actividades deportivas de tipo mixto (tenis, deportes de equipo, etc.), con esfuerzos de intensidad variable, y una demanda energética y respuesta hemodinámica que alterna, de forma impredecible, y condicionada por la situación de juego, entre los dos tipos anteriormente mencionados.

Sin embargo, en esta clasificación no están incluidos aquellos deportes de **destreza y precisión** (tiro con arco, tiro olímpico, motociclismo, automovilismo, etc.) con una demanda cardíaca en la cual el componente neurógeno influye de manera decisiva en la respuesta cardiovascular, y de aquellas que se realizan en **condiciones ambientales extremas** (altitud, subacuáticas), en las que además de los mecanismos hemodinámicos normales, intervienen otros factores como la hipoxia y/o el hiper o hipobarismo que modifican la respuesta al ejercicio.

Todas las clasificaciones mencionadas tienen limitaciones que van a condicionar el tipo y/o grado de adaptación cardiovascular. Además, se deberían tener en cuenta aspectos como el **estrés emocional** que el deportista experimenta durante la competición, la acción de **factores ambientales**, y el **tipo de entrenamiento específico** realizado por el deportista. Durante la competición en función del grado de

activación simpática se puede incrementar la TA, la FC, y la contractilidad miocárdica, y por tanto el consumo de oxígeno miocárdico (MVO_2). De esta forma incluso en aquellos deportes de baja demanda cardiovascular como el golf o el tiro olímpico, el estrés emocional de la competición debe ser un factor a considerar. Mientras que determinadas condiciones ambientales, como la altitud o las actividades subacuáticas pueden disminuir la disponibilidad de O_2 ; el frío y el calor excesivos, y una humedad relativa elevada pueden aumentar el trabajo miocárdico para una misma intensidad de ejercicio.

Por último, hay que considerar el **nivel de práctica deportiva** que va desde el puramente recreacional hasta el de la alta competición, pasando por los distintos grados de aficionado o de competición de menor nivel. Los sistemas de entrenamiento han llevado a que en la mayoría de los deportes a nivel competitivo el tipo de preparación sea muy distinto al deporte propiamente dicho. Así el entrenamiento con pesas (con un importante componente estático) para mejorar la fuerza y la potencia está presente en especialidades deportivas de predominio dinámico en la competición. De igual manera, el entrenamiento de resistencia aeróbico forma parte de la preparación física en disciplinas deportivas de fuerza explosiva de predominio anaeróbico, como puede ser el salto de longitud ⁴⁸.

1.3. Efectos del ejercicio en el corazón

El cuerpo humano ha sido diseñado para moverse y necesita realizar ejercicio de forma regular para mantenerse funcional y evitar enfermar. Disponemos de la suficiente información científica basada en datos epidemiológicos como para poder afirmar que el ejercicio físico, cuando forma parte de las actividades laborales y recreativas, tiene un efecto beneficioso en la prevención de la cardiopatía isquémica, en la disminución de la mortalidad global y en la mejora de la calidad de vida. Esto ha supuesto que el ejercicio físico juegue un importante papel en la prevención de numerosas patologías y sea de gran utilidad para retrasar los efectos negativos del envejecimiento sobre el aparato cardiovascular.

El aumento en el volumen del corazón es con seguridad el fenómeno más determinante en el aumento del GC en el deportista de resistencia. Los resultados del gran número de estudios ecocardiográficos realizados confirman que la cardiomegalia se produce dentro de un proceso de remodelación global, a costa del aumento de tamaño de todas las cavidades cardíacas^{2, 3, 32, 49-51}. La mayoría de estas investigaciones parecen coincidir en que son los deportes de resistencia aeróbica los que producen un mayor aumento en las dimensiones de las cavidades y en el grosor de las paredes cardíacas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la mayoría de los deportes presentan distintas combinaciones de contracciones dinámicas e isométricas, y que en los programas de entrenamiento se incluye la realización de diversos tipos de ejercicio. Todo ello condiciona que las adaptaciones cardíacas tiendan a presentarse como patrones intermedios de adaptación¹⁹. Esto ha llevado a pensar que las adaptaciones morfológicas y funcionales del corazón a las distintas actividades deportivas siguen una distribución gaussiana. En un extremo de la curva estarían los deportes de resistencia puramente dinámicos (ej.: carrera de fondo), con predominio de la dilatación ventricular y el consiguiente aumento de masa ventricular, y en el extremo opuesto los deportes puramente estáticos (ej.: halterofilia) con ligero aumento de la masa y escasa o nula variación en la dimensión ventricular. Entre ambos extremos quedaría un numeroso grupo de cuadros intermedios determinados entre otros aspectos por la influencia de distintos factores tanto congénitos como adquiridos (años, tipo, duración e intensidad del entrenamiento).

La mayoría de los estudios se basan en las adaptaciones de las cavidades ventriculares, especialmente del ventrículo izquierdo por su forma geométrica y facilidad de acceso. Algunos más recientes, utilizando las nuevas técnicas de deformación miocárdica se están centrando en las adaptaciones del ventrículo derecho al considerar que al tratarse de una cavidad de capacitancia es la que antes se adapta al aumento de volumen que se produce como respuesta al entrenamiento. Unos pocos hacen referencia a las adaptaciones de las cavidades auriculares, y muy pocos a las adaptaciones de la aorta. De hecho, existe la creencia de que la aorta sigue los mismos patrones que el resto de las cavidades y los vasos de capacitancia (venas cavas, vena porta, suprahepáticas y troncos supraaorticos), y que para acoger un mayor gasto cardíaco es preciso un incremento de la reserva vascular a la que contribuye todo el árbol circulatorio. Algunos autores han demostrado que las arterias y venas de gran y mediano calibre se encuentran dilatadas en deportistas de especialidades de fondo ⁵² y otros que el diámetro de la raíz de aorta es mayor en los deportistas de potencia ⁵³. Hay pocos datos sobre el impacto del entrenamiento en la dimensión de la raíz de aorta, y los estudios existentes se limitan a valorar la aorta en Modo M aportando una información muy parcial de la dimensión de la raíz de aorta.

Por otro lado, el tamaño corporal es uno de los principales determinantes de las dimensiones cardíacas y su influencia parece ser especialmente relevante sobre la cavidad del ventrículo izquierdo y de la raíz de aorta. El sexo, la edad y los años de entrenamiento también deben ser considerados como factores a tener en cuenta a la hora de valorar las adaptaciones del corazón entrenado.

1.3.1 Ventrículo izquierdo

El VI sigue siendo el más estudiado por ser el más fácilmente accesible y por su simplicidad geométrica. La mayoría de los autores agrupan los diferentes deportes en dos grandes categorías, por un lado los deportes de resistencia y por el otro los de potencia. En el estudio de los espesores y dimensiones ventriculares izquierdos se han encontrado adaptaciones al entrenamiento muy diversas, debido a la gran variabilidad de las condiciones experimentales en cuanto al tiempo, intensidad y duración del entrenamiento.

Fagard ²⁹ en su metaanálisis de 8 estudios longitudinales sobre un total de 151 deportistas de élite de especialidades de resistencia (22 corredores de larga distancia, 19 nadadores, 12 esquiadores de fondo, 63 ciclistas, y 35 remeros), encontró evidencias del papel del entrenamiento al observar que tanto la dimensión diastólica del ventrículo izquierdo (Dd) como los espesores parietales y la masa del VI, eran mayores en el periodo activo que en el inactivo.

En la mayor parte de los estudios transversales, parece que el mayor aumento en las dimensiones de la cavidad del VI y en el grosor de las paredes se produce en los deportes de resistencia y que sólo excepcionalmente se superan los límites de normalidad clásicamente establecidos para población no deportista ^{2-4, 15, 54, 55}. Estos límites son 56 mm para la dimensión diastólica del VI y 11 mm para el grosor del septo interventricular y de la pared posterior.

Pellicia et al. ⁴ estudiaron las dimensiones cardíacas en una población de casi mil deportistas de élite de ambos sexos y de 25 especialidades diferentes, encontrando en deportistas varones una dimensión diastólica del ventrículo izquierdo (Dd) de 54.2 ± 4.0 mm (rango 44-66 mm) con un espesor parietal máximo de 10.1 ± 1.2 mm (rango 7-16 mm). Sólo 16 de ellos (2.2% de los varones) presentaban espesores superiores a 12 mm. Estos valores son coincidentes con los observados en nuestra experiencia, ya que en un grupo de 740 deportistas varones pertenecientes a modalidades deportivas de alto componente dinámico (tipo C de la clasificación de Mitchell), encontramos en el percentil 95 un valor medio de 11,2 mm para los espesores septales, de 11 mm para la pared posterior, y de 63,5 mm para la dimensión diastólica del VI. Para las mujeres pertenecientes a este mismo grupo de deportes (n=317) los valores resultaron algo

inferiores, siendo de 9,7 mm, 9,4 mm y 57 mm respectivamente. Las cavidades ventriculares izquierdas más grandes se encontraron entre los ciclistas y los corredores de larga distancia ⁵¹.

Con el aumento en las dimensiones del VI y los espesores parietales, se aprecia también un incremento en la masa miocárdica, valor calculado a partir del grosor de las paredes y del diámetro del VI. Devereux et al. ¹³ demostraron un elevado grado de correlación ($r \geq 0,9$) entre los valores de masa del VI calculados a partir de los parámetros ecocardiográficos y los medidos en la autopsia. En el metanálisis de Fagard ²⁹, los corredores de larga distancia y los ciclistas presentaban una masa ventricular izquierda superior en un 48% y 64% respectivamente a los controles. En los deportistas españoles, en las modalidades deportivas de alto componente dinámico encontramos en su percentil 95 un valor de 144,3 g/m² para la masa VI en los varones y de 108 g/m² en las mujeres. Los valores de masa VI más elevados se encontraron en los deportes de mayor componente dinámico (ciclismo, carrera de larga distancia y natación) ⁵¹.

En los deportes de potencia, durante los entrenamientos, el corazón está sometido de manera repetitiva a una considerable aunque breve sobrecarga de presión ¹⁹. Parecería lógico pensar que se produjera una adaptación cardiaca similar a la que se origina en las patologías por sobrecarga de presión. Sin embargo, así como existe un acuerdo casi unánime sobre las adaptaciones cardiacas del deportista de resistencia, en los deportes de potencia los resultados son ciertamente contradictorios. La mayoría de los estudios clásicos que defienden la existencia de una hipertrofia concéntrica en estos deportes presentan defectos metodológicos ^{30, 56}. Los opositores al mencionado modelo de adaptación son numerosos, y estudios posteriores han mostrado resultados muy diversos que no han podido confirmar que en los deportes de potencia se produzca una hipertrofia de tipo concéntrico cuando los resultados son corregidos por la superficie corporal, el peso total o la masa magra.

Pellicia et al. ⁵⁷ encontraron un aumento significativo de los valores de la masa ventricular izquierda (absoluto y corregido por la superficie corporal) en un grupo de 100 deportistas de especialidades de potencia, en comparación con un grupo control de sujetos sedentarios. Al no apreciar variación alguna en el diámetro del VI en este grupo de deportistas, el aumento de la masa estaría más relacionado con un ligero

engrosamiento de los espesores parietales, nunca por encima de los límites superiores de normalidad. En nuestra propia experiencia y de acuerdo con los resultados de Pelliccia et al.⁵⁷ en deportistas varones de especialidades de fuerza el aumento de la masa ventricular izquierda en relación con la población sedentaria depende bien de un ligero engrosamiento de los espesores parietales o bien del aumento de la cavidad ventricular, siendo excepcional encontrar una masa ventricular izquierda corregida por la superficie corporal por encima de los límites superiores de la normalidad en la población general ($>134\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$)⁵⁵.

1.3.2 Aurícula izquierda

Los trabajos que estudian las dimensiones de la aurícula izquierda en deportistas son escasos. Sin embargo todos ellos parecen coincidir en que la práctica de determinados deportes puede producir un aumento en el tamaño de dicha cavidad, que se sitúa generalmente dentro de los valores de normalidad comúnmente aceptados para la población general.

En la población de deportistas de alto nivel españoles, el 23% de los varones y el 3% de las mujeres presentan un diámetro anteroposterior de la AI superior al límite normal de 40 mm. En cuanto a la valoración de la dimensión superiorinferior de las aurículas en deportistas, los valores máximos en el percentil 95 son de 63,5 mm en varones y 59,5 mm en mujeres⁵¹.

1.3.3 Cavidades derechas

También son escasos los estudios realizados sobre las adaptaciones de las cavidades derechas a la práctica deportiva, probablemente debido a que sus características y disposición anatómica dificultan el estudio ecocardiográfico. La mayoría de los autores describen una tendencia al aumento del tamaño de la cavidad y del espesor de la pared libre del ventrículo derecho, que se hace más redondeado y presenta una trabeculación y una banda moderadora más evidentes¹⁹. En la población de deportistas de alto nivel españoles, el 95.6% de los varones y el 75.1% de las mujeres presentan un diámetro transversal del VD superior al límite de la normalidad. Los valores máximos del ventrículo derecho en el eje largo paraesternal, en el percentil 95 se sitúan en 45 mm para los varones y 40,5 mm para las mujeres⁵¹. Considerando que el desarrollo

del corazón se produce de manera armónica, de forma proporcional a lo que sucede en las cavidades izquierdas, el aumento de tamaño se hace también evidente en la aurícula derecha y en la vena cava, por lo que es frecuente encontrar estas cavidades dilatadas en deportistas con alto componente dinámico¹⁹.

1.3.4 Vasos coronarios

Diversos estudios realizados tanto en animales como en humanos, han descrito adaptaciones en las arterias coronarias en relación con la hipertrofia fisiológica. Se han encontrado adaptaciones estructurales y metabólicas; aumento en la densidad capilar (número de capilares por miofibrilla) proporcional al engrosamiento de la pared del miocardio, incremento del calibre de los vasos coronarios y aumento de la permeabilidad capilar^{19, 58, 59}. Todas ellas van dirigidas a mantener una adecuada perfusión miocárdica durante la práctica del ejercicio físico, facilitando el riego sanguíneo del músculo cardíaco.

1.3.5 Raíz de aorta

Las investigaciones sobre la aorta son limitadas y no está claro si la sobrecarga hemodinámica producida durante el entrenamiento afecta a las dimensiones de la raíz de la aorta. La disección de aorta y la rotura de la aorta están dentro de las causas de muerte súbita en deportistas^{60, 61} y estos eventos incrementan su incidencia en la población general con diámetros aumentados de la aorta. Existen pocos trabajos sobre las dimensiones de la aorta en deportistas de competición, y el metaanálisis de A. Iskandar y P. Thompson del 2013⁶² reúne toda la información existente en la actualidad sobre las adaptaciones de la aorta. En este metaanálisis se analizaron 71 estudios que referían datos sobre las medidas de la aorta en 8.564 deportistas distintos, pero sólo en 23 de estos estudios se aportaban las dimensiones de la raíz de la aorta a nivel del plano valvular o de los senos de Valsalva en deportistas de élite^{2, 45, 53, 63-82}. Los criterios de inclusión en este metaanálisis fueron: a) condición de deportista de élite de nivel internacional o nacional, b) mostrar las dimensiones de la aorta en valores absolutos obtenidos mediante ecocardiografía, TAC o resonancia a nivel del plano valvular o de los senos de Valsalva, c) edad media del grupo de estudio entre 15 y 40 años y d) mostrar los valores medios con la desviación estándar, error estándar o

intervalo de confianza. De esta manera se analizaron los datos de 5.580 deportistas distintos que fueron comparados con 723 controles directos obtenidos de 13 de estos estudios {Bossone, 2004 #720; Carlsson, 2011 #722; Caselli, 2011 #723; Crouse, 1992 #724; Dzudie, 2007 #727; Krol, 2011 #729; Pelliccia, 1996 #116; Spataro, 1985 #739; Whyte, 1999 #736; Wieling, 1981 #499; Rubal, 1981 #734}.

Los deportistas fueron clasificados de fuerza, resistencia y grupo mixto de acuerdo con la intensidad del componente estático y dinámico de la competición ⁴⁶. Se identificaron 19 estudios transversales y 4 longitudinales, realizados en Europa (14), Estados Unidos (6), África (2) y en Irán (1). De los 5.580 deportistas diferentes 1.506 eran de deportes de resistencia, 425 de fuerza y 213 del grupo mixto (deportes que combinan resistencia y fuerza). Los 3.436 restantes pertenecían a un grupo heterogéneo con entrenamiento variable dinámico y estático. El número de participantes por estudio osciló entre 11 y 1.403 deportistas y las medidas de la aorta fueron realizadas mediante ecocardiografía en todos ellos, aunque en 11 estudios ^{63-65, 70, 73, 74, 76, 79-82} la única medida de la aorta fue a nivel del anillo valvular y en otros 8 a nivel de los senos de Valsalva ^{2, 66, 67, 69, 72, 75, 77, 78}. Sólo en 4 estudios se habían realizado medidas en el anillo valvular y en los senos de Valsalva ^{45, 53, 71}.

Las tablas 2, 3 y 4 muestran las principales características de los deportistas en los estudios.

Tabla 2. Características de los Estudios con medidas de aorta a nivel del anillo valvular

Autor y año	Tipo de deportistas	N	sexo	Horas/sem	Años	Edad años	Talla Cm*	SC m ² *	Ao PV mm*
Bossone, 2004 ⁶³	DR, Hockey hielo	26	H	≥10 h/sem [†]	12.3	20 (2)	NR	NR	32 (3)
	Grupo control	14	H		(3.9)	19 (1)	NR	NR	30 (2)
Calderón, 2010 ⁶⁴	DM, Atl. Veloc.	34	H	NR	≥10+	23 (2)	178 (10)	NR	30.5 (2.3)
	DR, Atl. Fondo	42	H	NR	≥10+	25 (3)	181 (8)	NR	31 (1.5)
Carlsson, 2011 ⁶⁵	DR, Esquí	10	H	NR	>10+	28 (5)	180 (4)	1.9 (0.1)	30.4 (3.2)
	Grupo control	10	H			28(7)	181(6)	2.0(0.1)	28.4(4.4)
Deligiannis, 1992 ⁴²	DF, Halterofilia	15	H	11.5(2.5) h/sem	6.2 (2.1)	23 (5)	174 (5)	NR	28.2 (3.6)
	DF, Halterofilia	15	H	11.8 (3.1) h/sem	6.4 (2.2)	23 (5)	173 (5)	NR	30.3 (4.1)
Dzudie, 2007 ⁷⁰	DR, Balonmano	21	H	11 (2) h/sem	10 (3)	25 (3)	178 (7)	1.95 (0.2)	29.6 (3.6)
	Grupo control	21	H			25 (3)	178 (7)	1.96 (0.2)	30.3 (2.8)
Lamont, 1980 ⁷³	DR, Natación	11	M	15–20 h/sem [†]	5.3 (5)	21 (4)	170 (5)	1.7 (0.1)	28 (2)
Lewis, 1989 ⁷⁴	DM, 8 deportes	265	H,M	NR	NR	19 (NR)	NR	NR	31 (3)
Rawlins, 2010 ⁷⁶	DM, deportes NR	240	M	13.7 (3.4) h/sem	NR	21 (5)	171 (8)	1.78 (0.2)	27.2 (2.9)
	DM, deportes NR	200	M	14.4 (6.1) h/sem	NR	20 (4)	170 (8)	1.73 (0.2)	26.4 (3.5)
Spataro, 1985 ⁴¹	DR, Atl. Fondo	17	H	NR	NR	26(4)	NR	1.8(0.1)	30.7 (1.9)
	DR, Voleibol	16	H	NR	NR	23 (4)	NR	2.1(0.1)	30.0 (2.7)
	DR, Fútbol	50	H	NR	NR	24 (5)	NR	1.8(0.1)	30.0 (3.0)
	DR, Baloncesto	22	H	NR	NR	25 (3)	NR	2.3(0.2)	34.0 (3.2)
	DR, Esgrima	18	H	NR	NR	26 (4)	NR	1.9(0.1)	31.0 (2.1)
	DF, Bobsleigh	15	H	NR	NR	24 (3)	NR	2.0(0.1)	31.0 (1.8)
	DF, Culturismo	14	H	NR	NR	22 (4)	NR	2.0(0.2)	31.6 (3.1)
	DF, Halterofilia	21	H	NR	NR	26 (6)	NR	2.2(0.3)	32.1 (2.3)
	DM, Ciclismo C	30	H	NR	NR	20 (2)	NR	1.9(0.1)	31.9 (2.0)
	DM, Remo	30	H	NR	NR	21 (3)	NR	2.0(0.9)	32.8 (2.8)
	DM, Ciclismo M	14	H	NR	NR	20 (1)	NR	2.0(0.1)	31.6 (2.8)
	DM, Piragüismo	13	H	NR	NR	20 (2)	NR	1.9(0.8)	31.3 (2.9)
	DM, Atl. Saltos	11	H	NR	NR	24 (5)	NR	1.8(0.1)	29.9 (2.2)
	Grupo control	50	H			23 (4)	NR	1.7(0.2)	29.3 (0.3)
Whyte, 1999 ⁷³	DM, Triatlón	18	H	26.5 (2.1) h/sem	5.6 (1)	29 (6)	179 (7)	1.91 (0.1)	28.8 (5.1)
	DM, Pentalón	11	H	28.5 (3.2) h/sem	7.4 (1.2)	27 (5)	182 (7)	1.93 (0.1)	33.5 (2.1)
	Grupo control	13	H			29 (3)	179 (5)	1.9 (0.2)	31.1 (1.9)
Wieling, 1981 ⁴⁰	DM, remeros	14	H	10-14) h/sem	>2ses [†]	23(2)	187(5)	2.1(0.1)	31.2(2)
	Grupo control	17	H			22(4)	184(8)	1.93(0.2)	29.9(2.8)

Tabla 2 .DR=deportes de resistencia; DF=deportes de fuerza; DM=deportes mixtos; Atl. Veloc.=Atletismo velocidad; Atl. Fondo=atletismo fondo; Ciclismo C= Ciclismo carretera; Ciclismo M= Ciclismo montaña; H=hombre; M=mujer; NR= no registrado; Ses.=sesiones; SC= superficie corporal; Ao PV= aorta a nivel del plano valvular; *=Media (desviación estándar); [†]trango. Modificada de Iskandar y Thompson 2013 ⁶²

Tabla 3 . Características de los Estudios con medidas de aorta a nivel de los senos de Valsalva

Autor y año	Tipo de deportistas	N	sexo	Horas/sem	Años	Edad años	Talla Cm*	SC m ² *	Ao SV mm*
Casselli, 2011 ⁶⁶	DM, 27 dep	429	H/M	NR	>3†	26(5)	NR	2.0(0.2)	31.0 (3.8)
	Grupo control	98	H/M	NR		27(5)	NR	1.8(0.2)	28.7(3.3)
Crouse, 1992 ⁶⁷	DR, Baloncesto	15	M	NR	NR	20 (1)	178(6)	1.9(0.1)	25.7 (3.3)
	Grupo control	20	M	NR	NR	20(2)	165(5)	1.6(0.1)	21.7 (2.4)
Di Paolo, 2012 ⁶⁹	DR, Fútbol	154	H	>12h/sem	>3†	16 (1)	NR	1.80 (0.1)	30 (3.9)
Krol, 2011 ⁷²	DM, Ciclismo, Patinaje Veloc.	38	H/M	NR	NR	25 (3)	186(10)	2.1(0.2)	33(4)
	Grupo control	41	H/M	NR	NR	24(4)	177 (9)	1.9(0.2)	29(2)
Magalski, 2011 ⁷⁵	DM, 14dep	457	H	NR	NR	18–21†	185 (8)	2.2 (0.3)	29 (39)
	DM, 14dep	507	M	NR	NR	18–21†	170(8)	1.7(0.2)	25(3)
Pelliccia, 1996 ⁴⁹	DM, 27 dep	600	M	NR	9	21 (5)	167 (8)	1.64(0.2)	27.6(2.5)
	DM, 25 dep	738	H	NR	3–	23(5)	180 (8)	1.94(0.2)	30.3 (2)
	Grupo control	65	M		20†	24(6)	167(7)	1.62(0.1)	27(1.8)
Rubal, 1981 ⁷⁷	DR, Softball	9	M	32-42Km/sem	>1†	19-23†	NR	NR	22 (1)
	Grupo control	10	M			19-24†	NR	NR	23 (1)
Thünenkötter, 2009 ⁷⁸	DR, Fútbol CM	529	H	NR	NR	NR	NR	NR	31(3)

Tabla 3 . DR=deportes de resistencia; DM=deportes mixtos; Veloc.= velocidad; Dep= deportes; H=hombre; M=mujer; NR=no registrado; SC= superficie corporal; Ao SV=aorta a nivel de los senos de Valsalva; *=Media (desviación estándar); †=rango. Modificada de Iskandar y Thompson 2013 ⁶²

Tabla 4 . Características de los Estudios con medidas de aorta a nivel del plano valvular y de los senos de Valsalva

Autor y año	Tipo de deportistas	N	sexo	Horas/sem	Años	Edad años	Talla Cm*	SC m ² *	Ao PV mm*	Ao SV mm*
Bahae Bigi, 2007 ⁴³	DF, deportes NR	100	H	NR	NR	22(4)	181(7)	NR	25.1 (2.9)	38.2(4.1)
	Grupo control	128	H			22(3)	183(9)	NR	21.8(2.4)	31.6(3.2)
D'Andrea, 2010 ⁵¹	DR: Atl. Media y Larga distancia, natación, carrera a pie, fútbol, baloncesto	370	H/M	15–20 h/sem†	>4†	28(10)	NR	1.84(0.5)	21 (6)	31(6)
	DF: culturismo, Halterofilia, artes marciales, windsurfing	245	H/M	15–20 h/sem†	>4†	29(10)	NR	189(0.6)	25 (4)	36(5)
	Grupo control									
D'Andrea, 2012 ⁵⁸	Grupo control	240	H/M			28(11)	NR	1.84(0.6)	21(6)	32(3)
Galanti, 2010 ⁷¹	DR, Fútbol	196	NR	NR	NR	25(5)	179(6)	1.93(0.1)	26.1(4.6)	31.0(5.8)

Tabla 4. DR=deportes de resistencia; DF=deportes de fuerza; Atl.=atletismo; H=hombre; M=mujer; NR=no registrado; SC=superficie corporal; Ao PV=aorta a nivel del plano valvular; Ao SV=aorta a nivel de los senos de Valsalva; *=Media (desviación estándar); †=rango. Modificada de Iskandar y Thompson 2013 ⁶²

En los 13 estudios que fueron comparados los deportistas con controles hubo diferencias en el grado de emparejamiento: en 10 fueron emparejados por edad, 2 por superficie corporal y 1 por ambos criterios ^{45, 70, 77}. Un estudio indicó que los dos grupos fueron emparejados sin más ⁶⁵ y en otros dos ni siquiera hacen referencia a que fueron emparejados ^{63, 81}. De los 10 estudios que no especifican si fueron emparejados por la SC, en 4 los valores medios de la SC y/o talla fueron significativamente mayores en los deportistas que en los controles ^{66-68, 72}, en otros 4 los valores medios fueron mayores o no diferentes en los controles ^{2, 63, 65, 79} y en 2 no hacen la comparación estadística ^{80, 81}.

En 17 estudios no se especifica si los deportistas con válvula aórtica bicúspide fueron excluidos, en dos estudios explícitamente dicen que fueron incluidos ^{2, 75} y en cuatro que fueron excluidos ^{45, 53, 71}. La incidencia de válvula bicúspide en los dos estudios que la incluían fue de 0,1%. De igual forma en 21 de los 23 estudios no se especifica si los deportistas con S. de Marfan fueron incluidos o excluidos.

Las dimensiones medias de la raíz de la aorta en los hombres fueron 31,6 mm (IC del 95% de 30,2-33,1) a nivel de los senos de Valsalva y 30,8 mm (IC del 95% de 29,9-31,8) a nivel del anillo valvular aórtico. La dimensión media de la aorta en las mujeres a nivel de los senos de Valsalva fue 25,1 mm (IC del 95% 22,9-27,3). No se pudo obtener los valores medios de la aorta en las deportistas a nivel del anillo valvular aórtico por la escasez de estudios que referían estas dimensiones.

El análisis de meta-regresión demostró que en los deportistas la media del diámetros de la aorta fue mayor que en los controles, 3,2 mm ($p=0,02$) a nivel de los senos de Valsalva y 1,6 mm ($P=0,04$) a nivel del anillo valvular. Los subgrupos de deportista de resistencia y de fuerza también presentaron unas dimensiones de la aorta a nivel del anillo aórtico superiores a los controles, 2,2 mm ($P=0,03$) y 1,5 mm (sin diferencia estadística) respectivamente. No hubo suficientes datos en los estudios para realizar el mismo análisis a nivel de los senos de Valsalva. Los hombres tenían más grande la aorta que las mujeres (4,1 mm a nivel del anillo valvular $P=0,04$ y 4,7 mm a nivel de los senos de Valsalva $P=0,23$, respectivamente).

En resumen éste meta-análisis demuestra que los deportistas mostraban una raíz de aorta más ligeramente más grande que los controles, específicamente a nivel de los senos de Valsalva, siendo dos veces mayor en comparación con el anillo aórtico. El valor superior de la aorta a nivel de los senos de Valsalva al 95% del IC fue 33,1 mm y 27,3 mm, para hombres y mujeres respectivamente. Estas diferencias fueron más marcadas en los deportistas de resistencias mientras que en los de fuerza las diferencias no fueron significativas.

Sin embargo, los resultados de éste meta-análisis no pueden abordar directamente los límites superiores de tamaño normal de la raíz en los deportistas, ni pueden definir el nivel de la dilatación aórtica que pueda ser considerada patológica. Los autores sugieren que los clínicos deben evaluar a los deportistas utilizando el nomograma del tamaño de la raíz aórtica de la población en general debido a que el efecto del entrenamiento de elite es pequeño y clínicamente no significativo. Los nomogramas de uso habitual, corrigen las dimensiones de la raíz aórtica por la SC, entre ellos el adaptado por la Sociedad Americana de Ecocardiografía^{83, 84}, que asume una correlación lineal entre la raíz aórtica y la SC.

Las figuras 1 y 2 muestran la relación de los diámetros de la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva y del anillo supraaórtico en niños. Las figuras 3 y 4 muestran la relación de los diámetros de la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva y del anillo supraaórtico en adultos, menores y mayores de 40 años respectivamente.

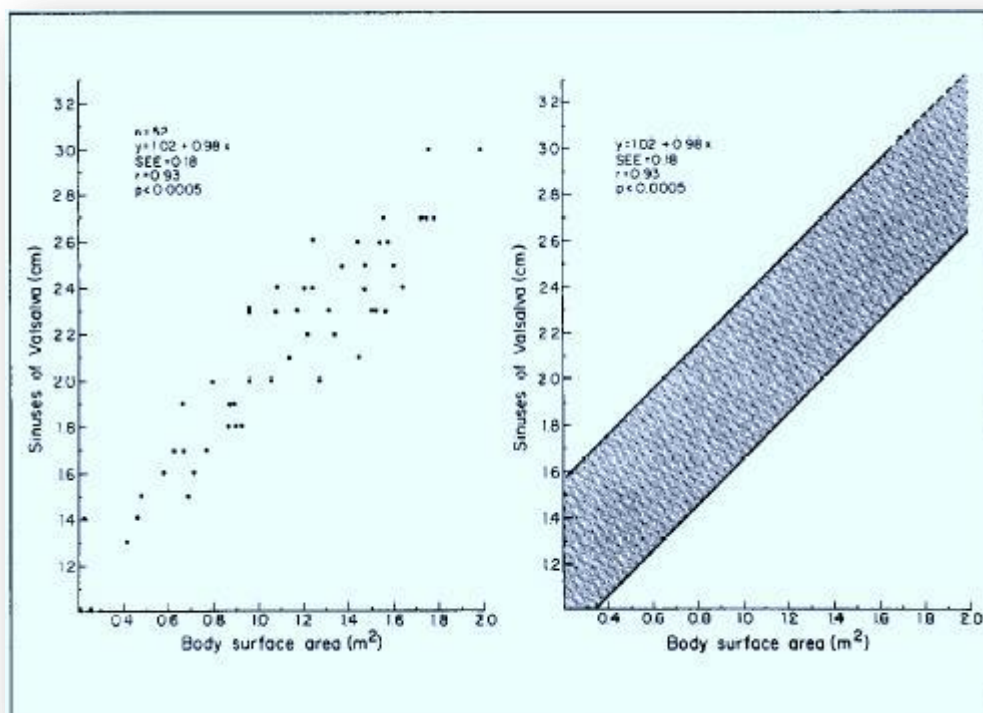


Figura 1. Relación del diámetro de la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva en niños. Modificada de Roman, MJ et al. 1989⁸³.

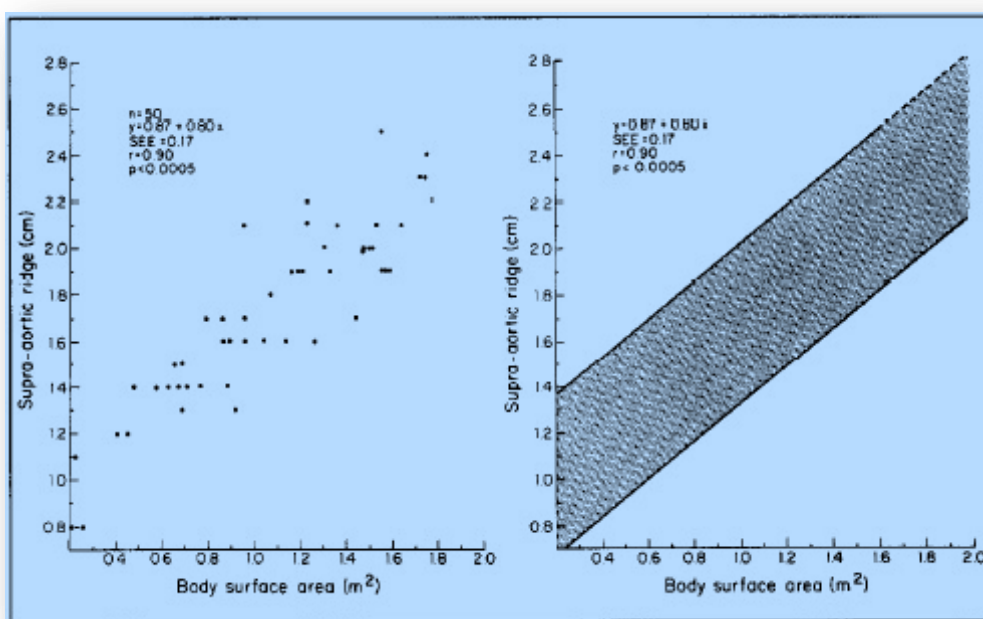


Figura 2. Relación del diámetro de la raíz de la aorta a nivel del anillo supraaórtico en niños. Modificada de Roman, MJ et al. 1989⁸³.

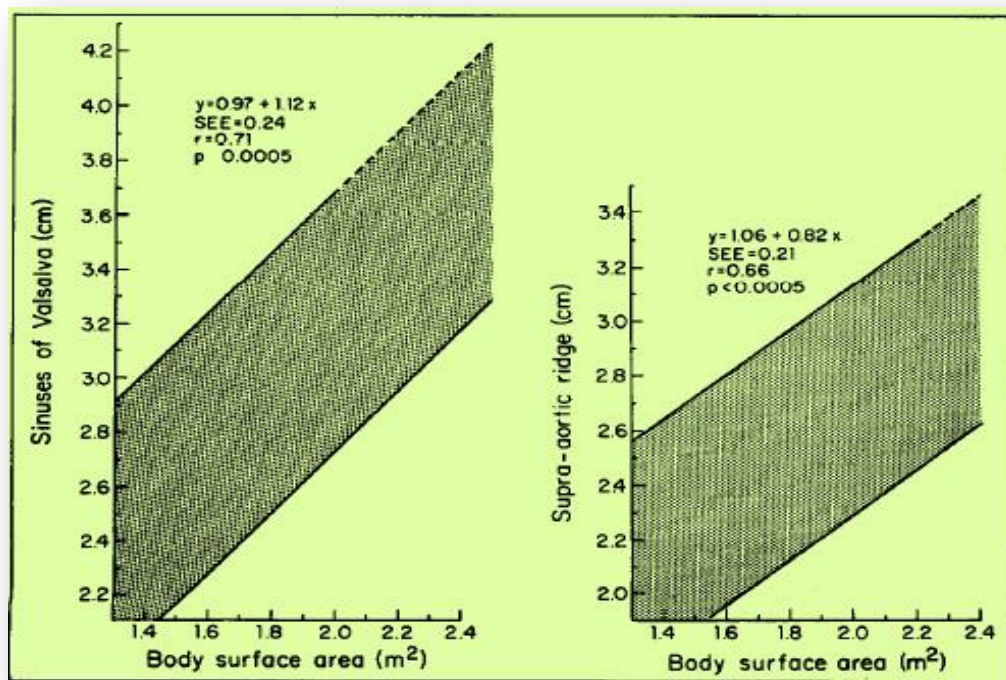


Figura 3. Relación de los diámetros de la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva y del anillo supraaórtico en adultos menores de 40 años. Modificada de Roman, MJ et al. 1989⁸³.

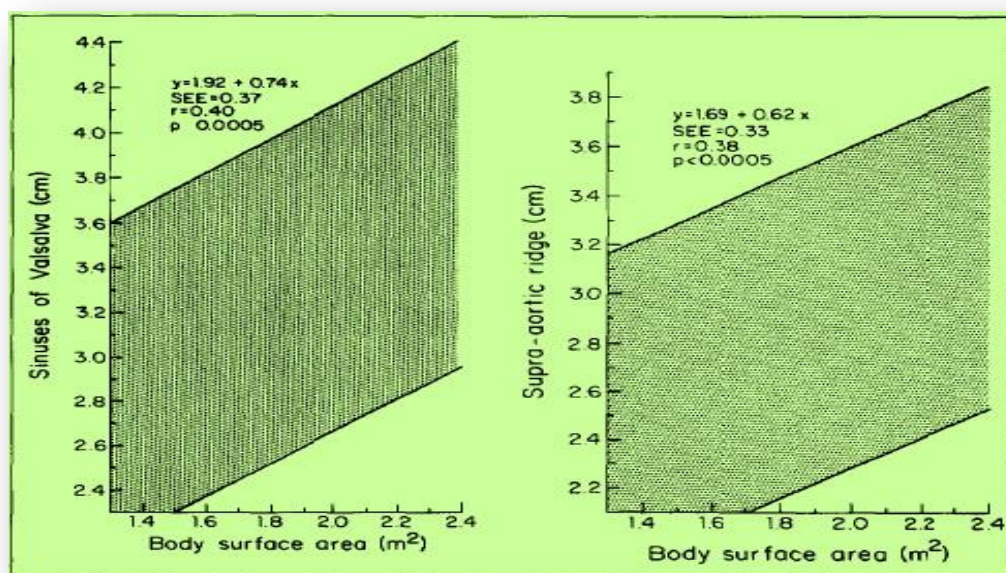


Figura 4. Relación de los diámetros de la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva y del anillo supraaórtico en adultos mayores de 40 años. Modificada de Roman, MJ et al. 1989⁸³

No obstante, un estudio de 92 hombres y 90 mujeres con alturas mayor que el percentil 95 demostró que la raíz de la aorta a nivel de los senos de Valsalva tiene una meseta con la SC ⁸⁵. Del mismo modo, una relación no lineal con una meseta entre las dimensiones de la raíz aórtica y la SC se observó en un estudio de 1.929 atletas japoneses⁸⁶, de los cuales 415 (más del 20%) eran jugadores de baloncesto o de voleibol y que tenían medidas antropométricas significativamente mayores que el resto de los deportistas del estudio. Esta relación no lineal entre la antropometría y la aorta, sugiere un estancamiento de las dimensiones de la aorta con el aumento de la altura y la SC, subraya aún más la importancia de no aceptar aortas notablemente dilatadas en deportistas de gran talla o SC como resultado del entrenamiento o del tamaño corporal.

1.4. Factores condicionantes de las adaptaciones del corazón del deportista

El proceso de adaptación fisiológica del corazón del deportista puede variar cualitativa y cuantitativamente según varios factores, unos externos y otros constitucionales. Los factores externos están directamente relacionados con el propio deporte como el tipo, intensidad y duración del ejercicio y años de entrenamiento. Los factores constitucionales son difícilmente modificables como la edad, sexo, tipo constitucional, factores endocrinos y genéticos.

1.4.1 Tipo, intensidad, y duración del ejercicio

Los pacientes con valvulopatías que conllevan una sobrecarga crónica de volumen como ocurre en la insuficiencia mitral o aórtica de grado importante, moderado o severo, desarrollan una dilatación del VI sin variación de los espesores parietales, aumento del volumen telesistólico y disminución de la fracción de eyección. En estas situaciones las fibras miocárdicas crecen en sentido longitudinal resultando en una hipertrofia de tipo excéntrico que disminuye el estrés parietal. Por contra los pacientes con una situación de sobrecarga de presión crónica como en el caso de una estenosis aórtica importante o una hipertensión de larga evolución, presentan un engrosamiento de los espesores parietales sin dilatación de la cavidad del VI. En estos casos el corazón se defiende del aumento de la postcarga con una hipertrofia de tipo concéntrico⁸⁷.

Por otro lado, en estudios de fisiología comparada se ha comprobado la diferente geometría del VI según el tipo de trabajo del aparato circulatorio^{88, 89}. Los anfibios con un sistema circulatorio de baja presión muestran un VI de forma redondeada y globulosa, mientras la jirafa y aves, animales hipertensos muestran un VI de forma cónica y alargada, considerándose que la primera morfología sería la óptima para el trabajo de volumen y la segunda para el de presión.

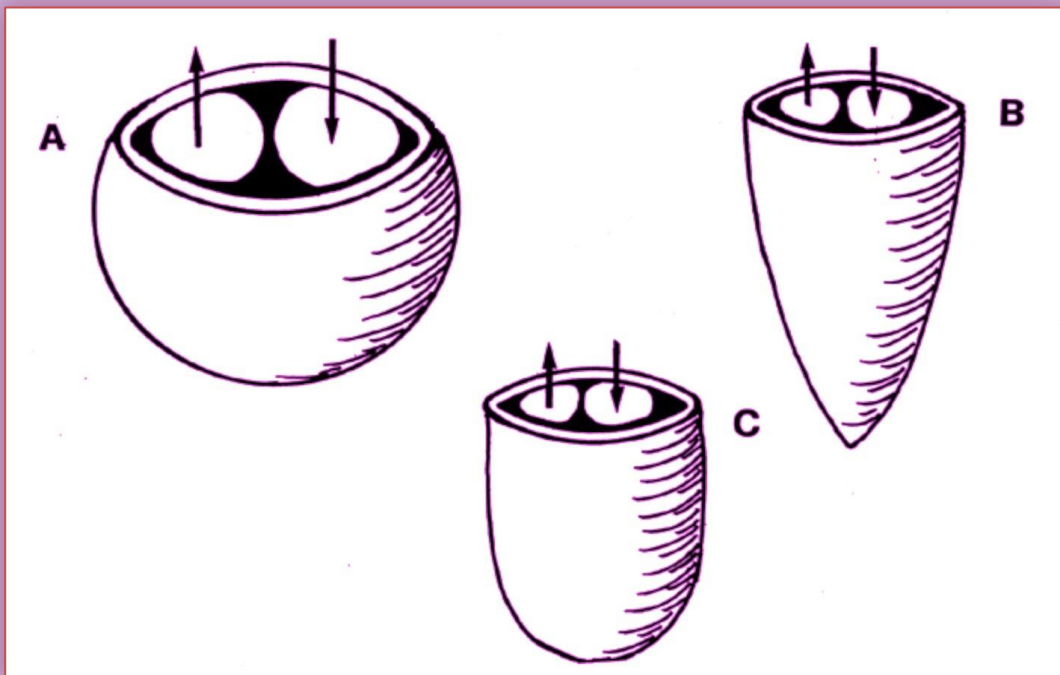


Figura 5. Esquema representativo de las distintas formas que puede adoptar el VI según el tipo de sobrecarga hemodinámica: A) Sobrecarga de volumen: forma globulosa, propia de una circulación sanguínea de baja resistencia, y que permite movilizar un elevado volumen de sangre mediante un acortamiento circunferencial moderado; B) Sobrecarga de presión: forma cónica, característica de una circulación de alta resistencia y que le permite tolerar una mayor presión intracavitaria; C) Corazón normal: forma ovoide o intermedia entre los dos tipos anteriores, característica del ventrículo izquierdo humano¹⁹.

En los humanos, la forma de tronco de cono con base perfectamente circular correspondería a una forma intermedia de las dos anteriores (Figura 5). Según esto se hipotetizó que los deportistas de resistencia, en los que predomina el trabajo de volumen, el VI tendería a adquirir una forma más redondeada, mientras que en los deportistas de potencia la tendencia sería hacia una forma más cónica y alargada¹⁹.

La observación mediante ecocardiografía monodimensional de las adaptaciones cardíacas específicas en las situaciones de sobrecarga de volumen y de presión, sirvieron de fundamento para que Morganroth et al.⁹ expusieran su teoría sobre los 2 distintos modelos de adaptación del VI al entrenamiento (Figura 6). El primero correspondiente a deportistas de especialidades de resistencia, maratonianos en el trabajo original, que

realizan un tipo de ejercicio físico en el que grandes grupos musculares se contraen de forma repetida contra una resistencia moderada y durante un tiempo prolongado. Estos experimentan una serie de adaptaciones a nivel central y periférico que se traducen en una mejora del consumo de oxígeno (VO_2max) o capacidad funcional de rendimiento físico. Dicha mejora se produce no sólo por el incremento en la capacidad de extracción del O_2 por parte del músculo esquelético, sino también por el mayor GC y volumen sistólico que se produce con este tipo de entrenamiento. Por tanto, durante varias horas al día, el entrenamiento de tipo aeróbico origina una situación de sobrecarga de volumen, similar a la que experimenta de forma constante en condiciones patológicas como la insuficiencia mitral o aórtica. El resultado final sería el de una hipertrofia de tipo excéntrico, con dilatación de la cavidad del VI y sin variación en los espesores parietales. Según la misma teoría, en los deportes predominantemente anaeróbicos o de fuerza (lanzadores y luchadores en el trabajo original), en los que con cada esfuerzo se produce un aumento en la postcarga con la consecuente sobrecarga de presión, las adaptaciones serían más parecidas a las observadas en la estenosis aórtica o en la hipertensión arterial sistémica en las que hay un estrés parietal ventricular constantemente aumentado. Según ciertos autores este tipo de hipertrofia concéntrica (engrosamiento de los espesores parietales y sin modificación de la dimensión interna de la cavidad) sería el resultado de la suma del estrés parietal aumentado durante la fase de contracción del músculo esquelético, y de un estado hiperdinámico compensador (contractilidad aumentada) durante la fase de relajación⁹⁰.

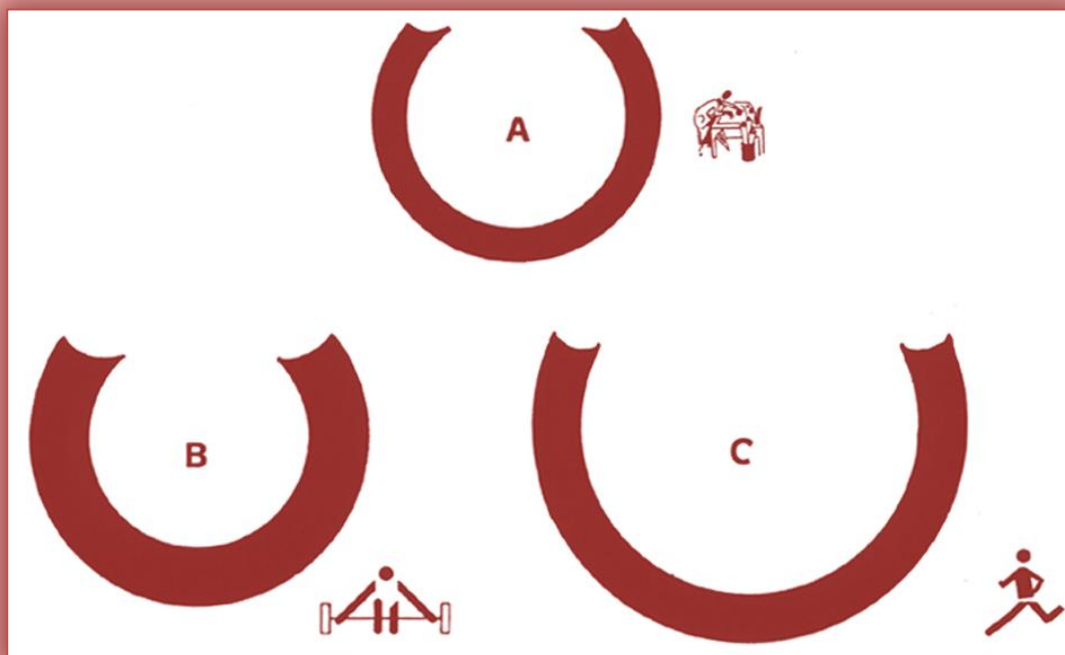


Figura 6. Esquema representativo del modelo de hipertrofia del VI según la hipótesis de Morganroth et al.⁹ que defiende la existencia de una tipo de hipertrofia concéntrica característica de los deportistas de especialidades de potencia (B), frente a la hipertrofia excéntrica de los deportistas de especialidades de resistencia (C). (A) sujeto sedentario . Modificada de Zeppilli¹⁹

El estudio de Morganroth caló profundamente en la sociedad científica porque se adecuaba al conocimiento de las situaciones patológicas de las valvulopatías muy frecuentes en los ochenta. De hecho, aunque algunos estudios posteriores apoyaron esta atractiva hipótesis⁹¹⁻⁹⁴, también aparecieron numerosas críticas y teorías contrapuestas. La mayoría de las críticas se dirigieron al tipo de adaptación observado en los deportistas de especialidades de potencia. Una de ellas se refiere a la posibilidad de que los lanzadores, escogidos como modelo de especialidad de potencia, realizaran un programa de entrenamiento con un notable componente aeróbico, y por tanto presentaran adaptaciones en cierto modo parecidas a las de los atletas de resistencia¹⁹.

Además mientras que en las valvulopatías la situación de sobrecarga es constante, en el deportista no sólo es intermitente sino que además durante el descanso prolongado la fuerza por unidad de músculo pudiera ser incluso menor, por lo que hay que considerar que otros factores, distintos del hemodinámico, deben intervenir en las adaptaciones

observadas en el corazón del deportista ³⁰. Sin embargo, algunos investigadores han demostrado la existencia de un grado de correlación significativo entre la MVI y la respuesta de la tensión arterial durante un ejercicio submáximo ⁹⁵ y máximo ⁹⁶, que apoyan la influencia del factor hemodinámico en el desarrollo de las adaptaciones propias del corazón del deportista.

Por otro lado, algunos estudios muestran resultados totalmente opuestos al encontrar un patrón de hipertrofia concéntrica en sujetos sometidos a un programa de entrenamiento de carrera ⁹⁷, o no pudieron demostrar que los corazones de los jugadores de baloncesto o ciclistas fueran mayores ^{98, 99}.

Algunos investigadores defienden la existencia de un único modelo de adaptación, caracterizado por una hipertrofia proporcional a la talla del sujeto, y a la intensidad pero no al tipo del ejercicio ^{100, 101}. Según Dickhuth et al ¹⁰², los mayores grados de hipertrofia cardíaca suelen encontrarse en los deportistas de resistencia que compiten en pruebas de 5 a 30 min., lo cual apoyaría el papel de la intensidad del ejercicio como estímulo esencial en dichas adaptaciones. Otros estudios realizados en deportistas de diferentes especialidades, apoyan el concepto de un único tipo de hipertrofia, aunque encontrando un mayor incremento de la MVI en los deportes de resistencia que en los de potencia ^{3, 4, 55, 101}.

El hecho de que la mayoría de los deportes sean una combinación de ejercicio dinámico y estático, debe condicionar que las adaptaciones cardíacas tiendan a presentarse como patrones intermedios de los dos modelos puros. Fagard et al ¹⁰³ observaron en un grupo de ciclistas y atletas de fondo que tenían similares dimensiones ventriculares y capacidad funcional, que los espesores parietales eran mayores en el grupo de ciclistas. Según estos autores, este efecto podría ser debido a que al ejercicio dinámico de las piernas se sumaría un trabajo de presión derivado del ejercicio estático que supone el agarre del manillar. Existen más estudios que, al haber observado un mayor grosor de los espesores parietales en ciclistas de pista, remeros y canoistas, coinciden con esta hipótesis ^{4, 55}. El propio Fagard ¹⁰⁴ obtuvo una confirmación indirecta de dicha hipótesis, tras analizar la presión intraarterial en 2 tipos distintos de ejercicio. Al parecer, a intensidades de ejercicio equivalentes, el componente estático del ejercicio de

miembros superiores en este tipo de deportes, estaría produciendo un mayor incremento en las resistencias periféricas y en la tensión arterial ¹⁰⁵.

Zeppilli ¹⁹ se inclina por considerar las adaptaciones morfológicas y funcionales del corazón a las distintas actividades deportivas según una distribución gaussiana. En un extremo de la curva estaría ocupado por los deportes de resistencia puramente dinámicos (ej.: carrera de fondo), con predominio de la dilatación ventricular y el consiguiente aumento de masa ventricular, y en el extremo opuesto los deportes puramente estáticos (ej.: halterofilia) con ligero aumento de la masa y escasa o nula variación en la dimensión de la cavidad ventricular. Entre ambos extremos quedaría un numeroso grupo de deportistas cuyas adaptaciones dependen de la influencia de múltiples factores como años, tipo y duración e intensidad del entrenamiento.

Para Fagard ²⁹, los resultados de su meta análisis le llevan a conclusiones similares, asegurando que no debemos aceptar el concepto de adaptación cardíaca según el tipo de deporte como una dicotomía (hipertrofia excéntrica o concéntrica) en términos absolutos. En su análisis, los corredores de larga distancia presentaban el modelo de adaptación más puramente excéntrico, con una MVI y una relación h/R superiores en un 48% y 8% respectivamente a los controles. En los deportistas de especialidades de fuerza, estos parámetros eran sólo un 25% y 12% respectivamente superiores a los de los controles. Los ciclistas eran los que presentaban una mayor diferencia de MVI (+64%) y relación h/R (+19%) con respecto a los controles. En estos últimos, mientras que los cambios en el Dd del VI eran similares a los de los corredores, el incremento en el grosor de las paredes era incluso superior al de los deportistas de fuerza, posiblemente debido a la mayor duración del estímulo. Estos resultados se explican según Fagard ²⁹, porque además de que ningún deporte es puramente estático o dinámico, y por tanto tampoco el tipo de sobrecarga es estrictamente de presión o de volumen, la intensidad y duración del entrenamiento también condicionan de forma determinante las adaptaciones del corazón deportista.

1.4.2 Años de entrenamiento

Es razonable pensar que el desarrollo de modificaciones es más fácilmente observable en deportistas con varios años de entrenamiento^{100, 106, 107}. El engrosamiento de los espesores parietales con valores próximos o superiores al límite de la normalidad aparece en deportistas de especialidades de fondo (ciclistas profesionales, remeros, etc.) con muchos años de entrenamiento^{4, 108}.

1.4.3 Edad

La edad es uno de los factores a tener en cuenta a la hora de valorar las dimensiones ecocardiográficas^{102, 109, 110}. Es difícil diferenciar entre el efecto del entrenamiento y el correspondiente al desarrollo ponderal y de la estatura en los deportistas muy jóvenes, especialmente en lo que tienen una edad comprendida entre 13 y 15 años. En esa época la velocidad de crecimiento es muy rápida, por lo que es necesario valorar con cautela los resultados obtenidos en estos grupos de deportistas. Por otro lado, el deportista de competición cada vez es más joven, alcanzando la madurez deportiva a edades muy tempranas. Esta circunstancia se da especialmente en deportes como la natación y la gimnasia, lo que complica la interpretación de los cambios. Sin embargo, según el trabajo de A. Canda¹¹¹ sobre variables antropométricas de los deportistas españoles de alto nivel, las mujeres a partir de los 16 años y los hombres a partir de los 18 años no experimentan un aumento significativo en la talla. En consecuencia, los deportistas con edades superiores se puede considerar que han llegado a la madurez en su desarrollo, y por tanto, los cambios en el corazón no tienen porque atribuirse al desarrollo puberal.

La edad influye de forma independiente sobre el aumento en el tamaño de las dimensiones cardíacas³. El flujo de sangre periférico desciende con la edad a pesar que la densidad capilar en los músculos no sufra modificaciones. Con la edad las arterias y arteriolas pierden elasticidad y poseen menor capacidad de vasodilatación. Este incremento de las resistencias periféricas tiene como resultado un aumento de la tensión arterial tanto en reposo como durante el ejercicio. El volumen latido y el gasto cardiaco también descienden con la edad. Parece ser que el descenso del volumen

latido máximo es debido principalmente a un incremento en la resistencia periférica secundaria a una distensibilidad arterial o *compliance* disminuida y a una posible disminución de la contractilidad ventricular izquierda. El descenso del consumo máximo de O₂ con la edad está en función de un flujo de sangre reducido en los músculos en actividad asociado con un gasto cardíaco máximo reducido. Los factores implicados en la disminución del gasto cardíaco con la edad, parecen ser el deterioro de las funciones sistólica y diastólica del miocardio, la disminución de la respuesta inotrópica y cronotrópica a la estimulación beta-adrenérgica y el aumento de la rigidez de la aorta¹¹². El flujo de sangre periférico desciende también con la edad a pesar que la densidad capilar en los músculos no sufra modificaciones. Con la edad las arterias y arteriolas pierden elasticidad y poseen menor capacidad de vasodilatación. Este incremento de las resistencias periféricas tiene como resultado un aumento de la tensión arterial tanto en reposo como durante el ejercicio. Algunos estudios revelan una reducción del flujo entre el 10 al 15 % en los músculos activos de los atletas mayores en comparación con los jóvenes, aunque estos tienen una tensión media más baja que los individuos sedentarios de su misma edad¹¹³.

Sin embargo, el volumen latido puede mantenerse en personas de mediana edad y ancianos que continúan entrenando intensamente¹¹⁴ y Rodeheffer et al, demostraron que el gasto cardíaco no disminuye en los mayores debido al aumento del volumen latido consecutivo al mayor volumen telediastólico¹¹⁵.

Por otro lado, en las especialidades de resistencia como el remo o el ciclismo, que permiten ser realizadas hasta edades avanzadas, los deportistas de mayor edad presentan habitualmente mayores dimensiones cardíacas que sus compañeros de menor edad o categoría junior^{80, 108}. Sin embargo, no se puede discernir cuanto se debe a la edad y cuanto al mayor número de horas de práctica deportiva.

1.4.4 Sexo

La mayor parte de los estudios ecocardiográficos dirigidos al estudio del corazón del deportista se han realizado en varones. Además, algunos de los que han incluido mujeres deportistas en sus estudios, lo han hecho asumiendo que las adaptaciones del corazón entrenado serán iguales para ambos sexos¹¹⁶⁻¹²⁰. Los escasos estudios hechos en

mujeres no han podido demostrar de forma consistente un aumento en el tamaño del corazón ni hipertrofia en las deportistas practicantes de deportes de potencia^{121, 122}. En el estudio de Pelliccia et al² realizado en 600 deportistas de élite del sexo femenino, tanto el Dd del VI como el grosor máximo parietal eran mayores, en un 6 y 14% respectivamente, en las deportistas que en las mujeres sedentarias del grupo control.

Cuando compararon las dimensiones en valores absolutos con las obtenidas en los varones, tanto la Dd del VI como el espesor máximo de la pared y la MVI/SC eran menores en las mujeres (11%, 23% y 31% respectivamente). Sin embargo, corregidas por la SC el Dd/SC del VI era superior en las mujeres, y las diferencias en el grosor parietal máximo y en la MVI disminuyeron aunque siguieron siendo mayores en los varones. Los autores concluyeron que la SC es la variable que ejerce mayor influencia sobre las diferentes adaptaciones cardíacas al entrenamiento entre mujeres y varones.

Aunque las respuestas de estrógenos y testosterona al ejercicio no están aún del todo claras, parece lógico pensar que su acción opuesta sobre el crecimiento del corazón tenga algo que ver con las diferencias entre las dimensiones cardíacas de los dos sexos³⁰. Las mujeres con el ejercicio (isométrico o dinámico), presentan menor presión arterial que los varones, lo que supone una disminución en la post-carga¹²³ y por tanto menor estímulo para producir hipertrofia. Sin embargo, la presión arterial tiende a igualarse con la menopausia produciéndose un efecto de aceleración en el incremento de la MVI con la edad¹²⁴. Estos hallazgos parecen apoyar la hipótesis de que las hormonas sexuales ejercen cierto control sobre las distintas adaptaciones del corazón de varones y mujeres, aunque no está aclarado su efecto en el desarrollo de las adaptaciones propias del corazón entrenado de mujeres deportistas.

1.4.5 Dimensión y composición corporal

La SC y la masa muscular, variables con importante influencia genética, parecen estar directamente relacionadas con el tamaño del corazón, existiendo una relación entre el tamaño del corazón y la SC, tanto en niños y adolescentes¹²⁵ como en adultos de diferentes edades¹¹⁰. Wolfe et al.⁹⁸ observaron en un grupo de jugadores de baloncesto que los bases o jugadores de menor estatura, que eran los más musculados, presentaban

una MVI y unos espesores parietales significativamente mayores que los jugadores más altos y pesados, pese a realizar un entrenamiento similar. Este hallazgo les llevó a concluir que las dimensiones cardíacas pueden variar en relación con otras variables antropométricas, independientemente de la dimensión corporal total.

1.4.6 Factores endocrinos

La secreción de ciertas hormonas como las catecolaminas, tiroxina, hormona del crecimiento, testosterona, etc. se altera durante el ejercicio. Estas hormonas pueden inducir modificaciones en la bioquímica y/o fisiología del músculo cardíaco, e influir en el grado de hipertrofia cardíaca³⁰. Los cambios en la concentración de determinadas hormonas vasoactivas (catecolaminas, acetilcolina, etc.) estarían también influyendo en el tono del lecho vascular coronario, mejorando en definitiva el flujo sanguíneo coronario¹⁹.

Los estudios realizados en humanos sobre el efecto de la testosterona son contradictorios, mientras algunos autores han encontrado aumentos significativos de la MVI en deportistas de especialidades de potencia que utilizaban esteroides anabolizantes^{49, 126}, otros no han podido demostrar diferencias^{57, 127, 128}. Sin embargo, queda por aclarar la posible acción sinérgica entre las distintas hormonas que experimentan alguna modificación en su patrón de secreción por efecto del ejercicio, y los efectos de determinadas hormonas durante periodos críticos del crecimiento y maduración de cada individuo³⁰.

1.4.7 Factores genéticos

La dotación genética de cada individuo influye sobre variables que regulan el control del sistema nervioso autónomo, la tensión arterial, o el árbol vascular coronario, por lo que es lógico pensar que influya también en el tamaño del corazón o sobre su capacidad de respuesta al entrenamiento. Esto explicaría los diferentes tipos de adaptación observados, entre deportistas con el mismo entrenamiento y características físicas aparentemente similares. En un estudio realizado con gemelos mono y dicigóticos los autores observaron que la influencia familiar resulta más determinante sobre las dimensiones cardíacas que la influencia genética o los factores ambientales no familiares¹²⁹. En otro estudio realizado por Bielen et al¹³⁰ con gemelos de 6 a 8 años de edad no se

pudo demostrar la influencia genética sobre la MVI en valores absolutos y corregidos por peso total y sexo, pero sí lo hicieron en gemelos entre 18 y 31 años¹³¹.

Otros autores han observado una mejora de las correlaciones encontradas entre las dimensiones cardíacas de gemelos monocigóticos, tras un periodo de 20 semanas de entrenamiento aeróbico¹³², postulando que el entrenamiento aeróbico pudiera tener un efecto homogeneizante que eliminara las diferencias de base genética existentes antes del entrenamiento. Otros autores sugieren que la influencia del factor genético es mayor sobre los espesores parietales que sobre las dimensiones de las cavidades cardíacas¹⁰⁴.

En resumen, la adaptación del corazón al ejercicio puede ser el resultado de la combinación de múltiples factores en el que la genética juega un papel importante.

1.5 Características morfológicas y funcionales de la aorta

Las grandes arterias, representadas por la aorta, tienen dos claras funciones: La primera servir para la conducción periférica de la sangre (función de conducción) y la segunda de almacén temporal de sangre (función de reservorio). Además, tiene una acción de amortiguación al convertir el flujo pulsátil del ventrículo en un flujo casi estable en los vasos periféricos (función de protección)¹³³. La función de reservorio es fundamental para todas las arterias elásticas y concretamente para la aorta, que permite realizar un cambio de volumen considerable en todo el árbol arterial con cambios muy pequeños de presión.

La aorta se encuentra sometida a las oscilaciones de presión y por consiguiente de flujo ($\text{Flujo} = \Delta P / R$), sin embargo, la aplicación de las leyes de la dinámica de fluidos a la circulación sanguínea ha sido una tarea que, aunque ineludiblemente ha permitido comprender la fisiología cardiovascular, tropieza con puntos de partida no extrapolables a la hemodinámica. De ahí que existan lagunas sobre si en condiciones de ejercicio intenso, durante las cuales las oscilaciones de presión son considerables, se produce o no un proceso de adaptación en la aorta. Como se ha expuesto anteriormente (véase factores condicionantes del corazón del deportista), probablemente los valores más elevados de presión ventricular durante el ejercicio intenso se obtengan en deportistas que tienen un componente dinámico muy elevado y un componente estático moderado según la clasificación de Mitchell ⁴⁶. Esto parece lógico si se aplica la ecuación simple de la hemodinámica para el cálculo del gasto cardiaco (Q) :

$Q = \text{PAM} / \text{RPT}$; donde PAM es presión arterial media y RPT es resistencia periférica total

Indirectamente, se puede presumir que los valores más elevados de presión sanguínea durante el ejercicio intenso se relacionan estrechamente con el grado de adaptación cardiaca al entrenamiento. Así como se ha señalado anteriormente en el apartado “efectos del ejercicio en el corazón” los límites superiores en el grado de dilatación e hipertrofia cardiacas se han demostrado en deportes de alto componente estático y dinámico como remeros, ciclistas o piragüistas ^{4, 134}. Si la aorta, a nivel

ultraestructural, sufre o no alteraciones a consecuencia de estar sometida a cambios de presión tan elevados es objeto de debate.

Existe controversia sobre el efecto del entrenamiento en la elasticidad de los vasos arteriales. Burr et al observaron que el ejercicio de ultraresistencia podría provocar una alteración de la elasticidad arterial pero que era reversible¹³⁵. Algunos autores han demostrado evidencias relativas de que el entrenamiento de resistencia produce un descenso en la elasticidad arterial¹³⁶⁻¹³⁸, mientras otros autores sostienen que el entrenamiento no desencadena cambios¹³⁹⁻¹⁴¹. Finalmente, diversos investigadores argumentan que el entrenamiento mejora las características mecánicas de las arterias^{68, 142-146} o bien que induce cambios dependientes del tipo de entrenamiento^{147, 148}. D'Andrea et al.⁶⁸ calculan unos índices de distensibilidad cuya realidad histológica y funcional no están comprobadas, pero sin embargo los resultados que encontraron son muy coherentes. Estos autores observaron que los deportistas de resistencia presentaban una mayor distensibilidad de la aorta que los de fuerza.

En resumen, existen evidencias científicas sobre la adaptación de la pared de la aorta al entrenamiento sostenido. Estas adaptaciones se pueden considerar como fisiológicas y serían más notables en aquellos deportistas con una alta exigencia cardiovascular como sucede en los que tienen un alto componente dinámico y moderado estático según la clasificación de Mitchell. Las adaptaciones son consecutivas a fenómenos estructurales que producen cambios cuantitativos de los componentes de la pared pero de compleja explicación o justificación en seres humanos.

1.6 Ecocardiografía y aorta

1.6.1 Generalidades

La ecocardiografía es una técnica que presenta la gran ventaja de ser un método diagnóstico incruento, preciso y fiable, que permite tanto cuantificar las dimensiones de las diferentes estructuras cardiacas como valorar su función. La imagen fundamental en ecocardiografía es la bidimensional o 2D, que permite obtener imágenes anatómicas del corazón en un plano. A partir de ésta se pueden obtener imágenes lineales utilizando la técnica en modo M o derivarse otras técnicas de diagnóstico ultrasónico, como el doppler en sus modalidades de pulsado, continuo, color o tisular. El ECO en modo M consiste en situar un eje de corte sobre la imagen 2D al nivel de las distintas estructuras para obtener la representación lineal de su movimiento en relación al tiempo. Ej. Paredes y cavidades ventriculares, válvulas mitral y aórtica, raíz de aorta y aurícula izquierda.

La figura 7 muestra el esquema de las diferentes áreas de estudio ecocardiográfico y cortes en modo 2D. La figura 8 muestra los esquemas de los planos obtenidos en modo M a partir de la proyección del eje largo paraesternal.

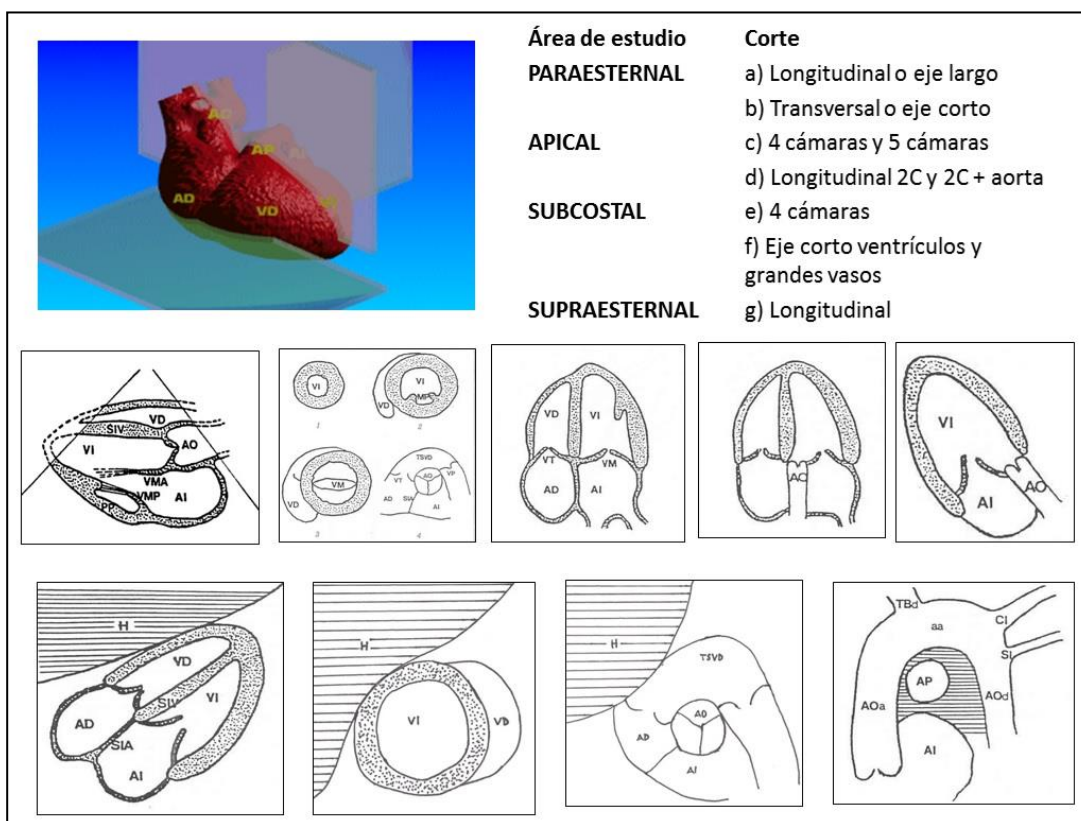


Figura 7. Esquema de las diferentes áreas de estudio ecocardiográfico y cortes en modo 2D.

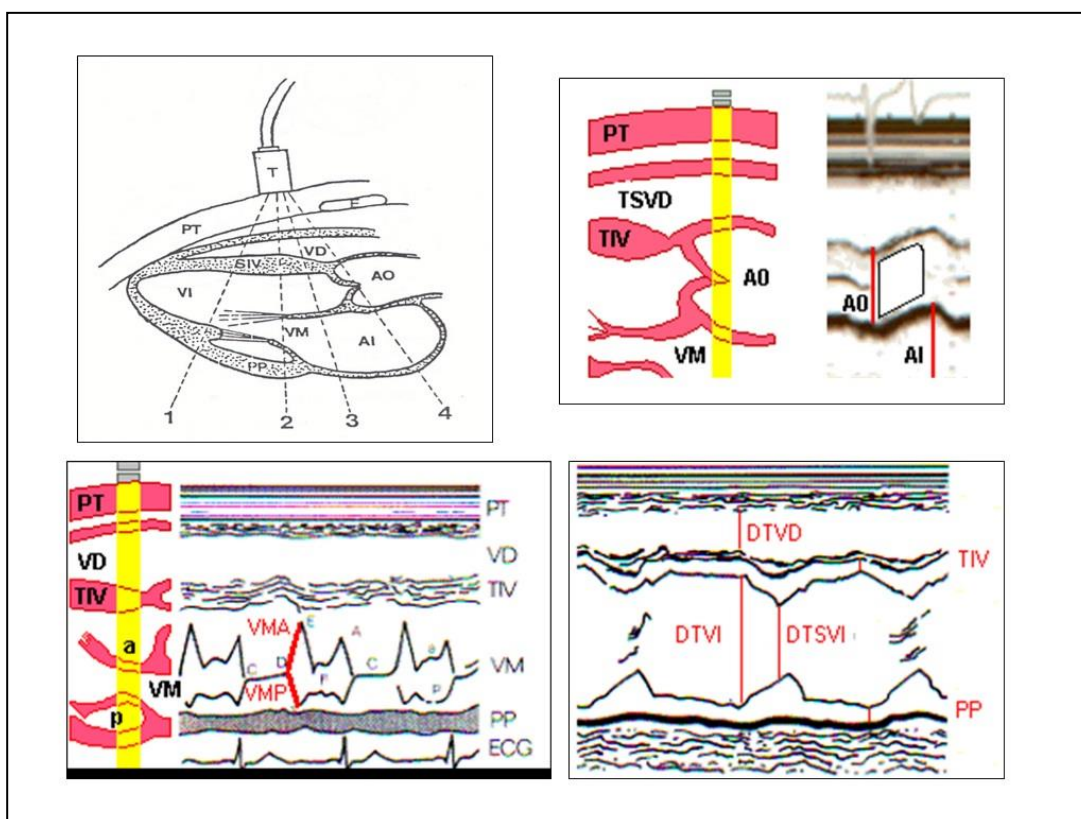


Figura 8. Esquema de los planos obtenidos en modo M.

La visualización completa del corazón y los grandes vasos, exige su estudio desde cuatro vías de abordaje distintas; paraesternal, apical, subcostal y supraesternal.

En la proyección de eje largo paraesternal, se obtiene un corte longitudinal del corazón que nos permite visualizar el ventrículo derecho y el izquierdo comunicado con la aurícula izquierda a través de la válvula mitral, el nacimiento de la raíz de la aorta y la válvula aórtica con dos de sus tres velos: el velo coronario derecho y el no coronario. Partiendo de esta posición, si se rota 45° en sentido horario, se consigue un plano transversal, proyección eje corto paraesternal. Dependiendo de la inclinación de la sonda sobre este punto se obtienen cortes transversales a distintos niveles, desde la base al ápex del corazón pasando por el cuerpo del ventrículo izquierdo. Si se angula mínimamente el transductor, dirigiéndolo hacia el yugulum, se obtiene la proyección de eje corto de los grandes vasos, donde se puede ver el anillo aórtico en el centro de la imagen con sus tres velos que cierran en forma de Y (o logotipo de la “Mercedes Benz” invertido), rodeado por la aurícula izquierda en disposición inferior, y siguiendo en sentido horario por el septo interauricular, la aurícula derecha, la válvula tricúspide, el tracto de salida del ventrículo derecho, el tronco de la arteria pulmonar con la válvula pulmonar y las arterias pulmonares derecha e izquierda. Con mínimos movimientos del transductor se pueden visualizar los orígenes del tronco de la coronaria izquierda y la porción proximal de la coronaria derecha.

Mediante el abordaje apical, situando el transductor a nivel del 4º-5º espacio intercostal izquierdo, se obtiene la proyección de 4 cámaras donde se pueden ver las 4 cavidades cardíacas desde el ápex hasta el techo de las aurículas. Este plano nos permite valorar el tamaño de las cavidades cardíacas además de la contractilidad global y segmentaria de las mismas. La medida de la aurícula izquierda (AI) y derecha (AD) en su dimensión superoinferior. Con pequeñas angulaciones, se obtienen las imágenes de 2, 3 y 5 cámaras, incorporando la raíz de aorta las dos últimas.

Por abordaje subcostal o subxifoideo, se pueden obtener las proyecciones de 4 y 5 cámaras y de eje corto con sus diferentes planos. Esta vía de abordaje es muy útil para el estudio del sistema venoso inferior, de la aorta abdominal y de la integridad del septo interauricular.

Colocando el transductor a nivel supraesternal, se obtiene un plano de corte en el eje largo, en el que se visualiza aorta ascendente, arco aórtico, aorta descendente y la arteria pulmonar derecha cortada de través. En la aorta, se puede observar la salida del tronco braquiocefálico derecho, carótida izquierda y subclavia izquierda. Este es un buen plano para realizar medidas del diámetro de la raíz de aorta, aorta ascendente y descendente y de los flujos correspondientes mediante doppler continuo. Esta vía de abordaje es de gran utilidad para el diagnóstico de anomalías congénitas de los grandes vasos como las alteraciones del arco aórtico, coartaciones aórticas o la persistencia del ductus arterioso.

La figura 9 muestra las imágenes ecocardiográficas de los principales cortes en modo bidimensional o 2D. La figura 10 muestra las imágenes ecocardiográficas de los principales cortes en modo M.

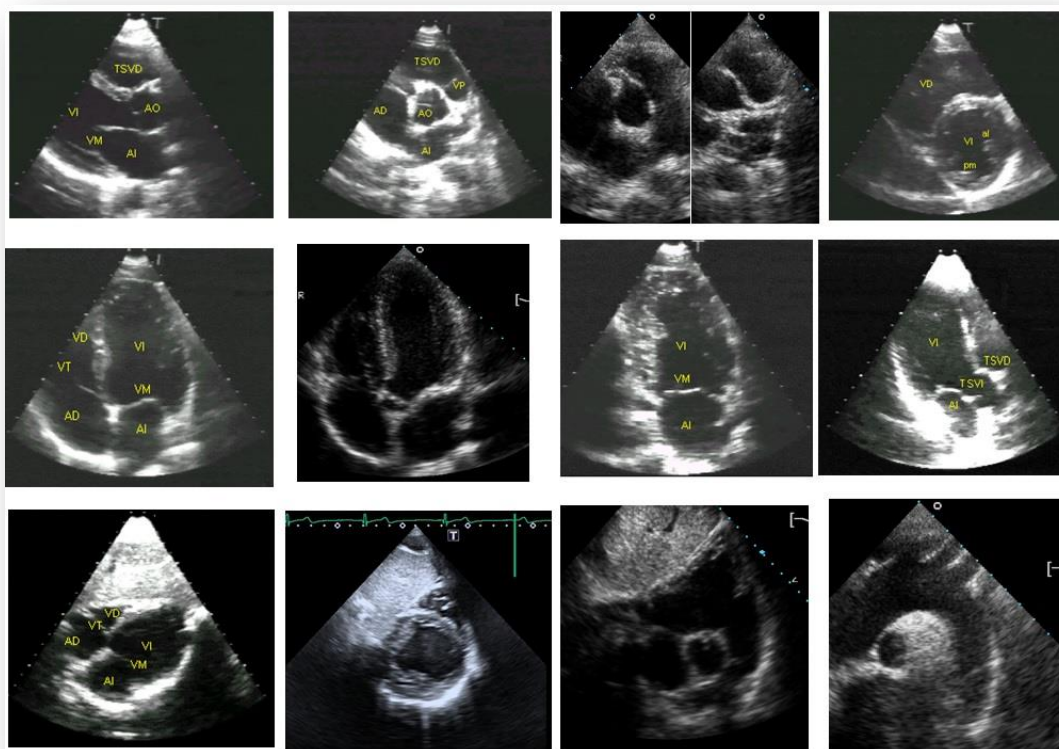


Figura 9. Imágenes ecocardiográficas de los principales cortes en modo bidimensional o 2D.

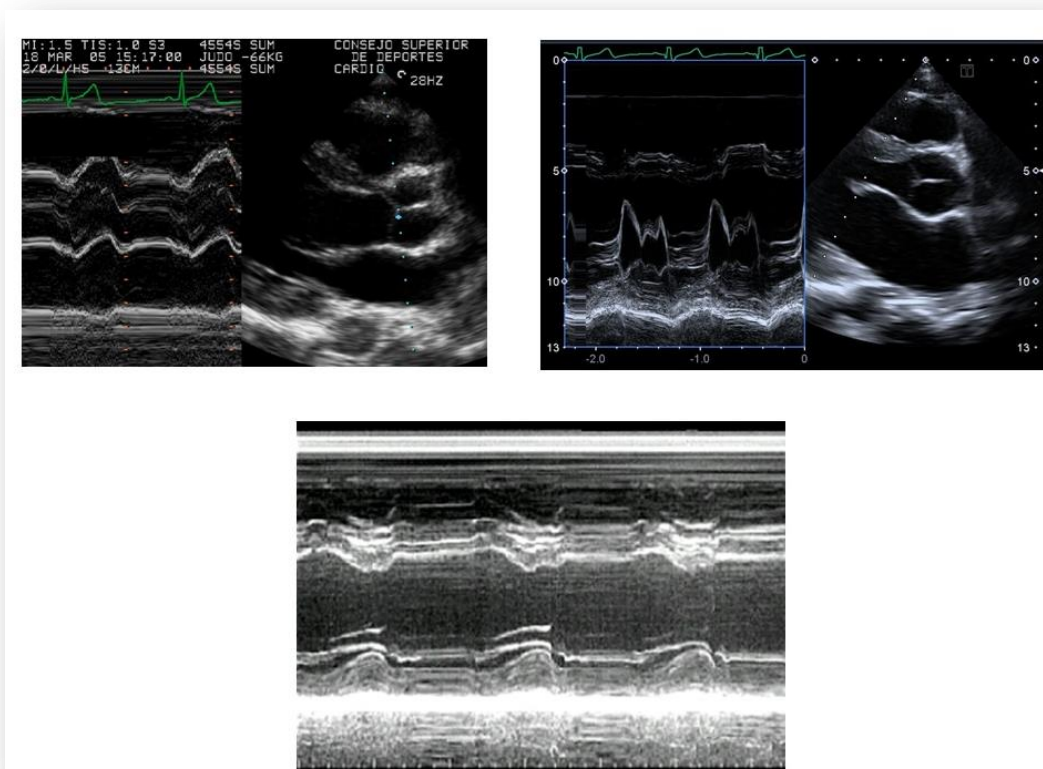


Figura 10. Imágenes ecocardiográficas de los principales cortes en modo M

1.6.2 Medidas de la aorta

La ecocardiografía se ha posicionado como la técnica más empleada por su disponibilidad, inocuidad y coste para el estudio de la aorta.

Tradicionalmente la medida de la aorta se hace en modo M a partir de la imagen de aorta-aurícula obtenida en la proyección de eje largo paraesternal. De esta manera, la medida se realiza colocando el cursor desde el primer eco de la pared anterior de la aorta hasta el primer eco de la pared posterior.

Este método tiene el inconveniente de que la medición es lineal en el punto de corte del cursor en la aorta, en una posición intermedia entre el plano valvular y los senos de Valsalva, lo que lleva a infraestimar hasta en 2mm el diámetro de la aorta con respecto a su dimensión máxima a nivel de los senos de Valsalva. Además tiene el grave inconveniente de que no permite valorar la totalidad de la raíz de aorta pudiendo pasar desapercibidas dilataciones localizadas de la aorta ascendente proximal, distales a la unión sinotubular. Por esta razón, es fundamental utilizar la técnica 2D que permite obtener la aorta en un plano y de esta manera visualizar la raíz de aorta y aorta ascendente proximal, permitiendo medir la aorta a nivel del anillo valvular, de los senos de Valsalva, unión sinotubular o istmo aórtico y aorta ascendente proximal. La figura 11 muestra el esquema de la raíz de aorta en modo 2D en el eje largo paraesternal.

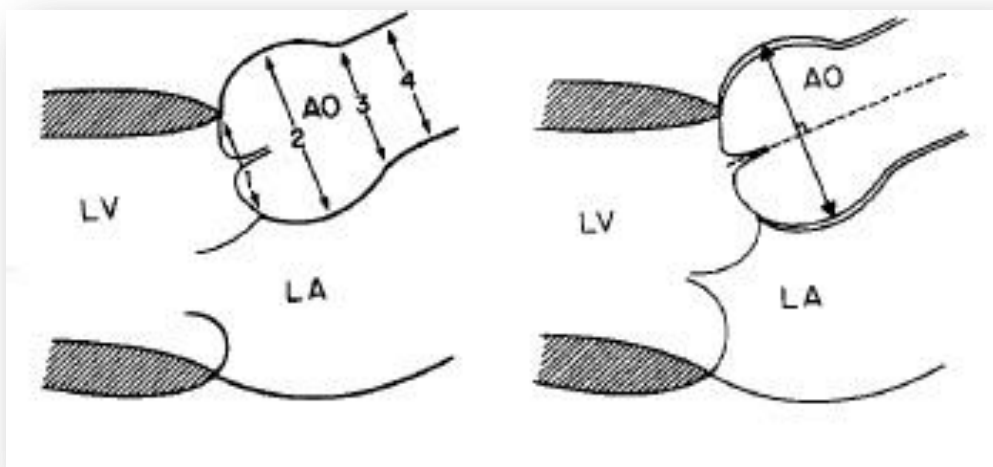


Figura 11. Esquema de la raíz de aorta en modo bidimensional o 2D en el eje largo paraesternal.

La imagen usada para la medida debe ser la que muestre el mayor diámetro de la raíz aórtica, siendo muy importante para conseguir el máximo diámetro obtener una medida perpendicular al eje largo del vaso en esta proyección ^{83, 84}. No existe acuerdo sobre como colocar el cursor para obtener la medida de la aorta con esta técnica. Algunos expertos se inclinan a hacerlo desde el borde interno al borde interno de la pared, para asemejarse a otras técnicas como la resonancia o el TAC, mientras que otros prefieren hacerlo colocando el cursor encima de la misma. Sin embargo, hoy día con el avance en los equipos de ecocardiografía se ha mejorado de manera sustancial la calidad de la resolución de la imagen con lo que se ha minimizado las diferencias entre ambos métodos.

Para ver la aorta torácica es mejor utilizar el eco transesofágico ya que con esta técnica el transductor esta prácticamente encima de esta parte de la aorta obviándose las limitaciones del eco transtorácico. Tiene el inconveniente que requiere introducir el transductor a través del esófago siendo necesario sedación, especialmente en los jóvenes, lo que limita su utilización de manera rutinaria. Sin embargo en los niños, adolescentes y adultos con muy buena transmisión ultrasónica por via transtorácica, se puede visualizar el arco aórtico y los vasos supraaórticos mediante abordaje supraestenal.

La aorta como el resto del corazón guarda una relación con el tamaño del individuo, pero a diferencia de lo que sucede con otras medida ecocardiográficas, apenas existen estudios que hayan sido realizados con el fin de determinar los normogramas aórticos. Todavía en la actualidad en las guías de uso mundial para la cuantificación de las dimensiones cardiacas, elaboradas en el año 2005 por la Sociedad Americana de Ecocardiografía en conjunto con la Sociedad Europea de Ecocardiografía ⁸⁴, se siguen utilizando los valores de referencia del estudio de Roman et al del año 1989 ⁸³. Según este estudio el diámetro de la raíz aórtica a nivel de los senos de Valsalva se relaciona con la superficie corporal (SC) y la edad. Por lo tanto, la SC puede ser utilizada para predecir el diámetro de la raíz aórtica en 3 estratos de edad: menores de 20 años, 20 a 40 años y mayores de 40 años. La dilatación de la raíz aórtica en los senos de Valsalva se define como un diámetro de la raíz aórtica por

encima del límite superior del intervalo de confianza del 95 % de la distribución de la población de referencia de este estudio que consta de 52 niños (28 varones y 24 mujeres, con una edad entre 1 mes y 15 años) y de 135 adultos (68 varones y 67 mujeres, con una edad entre 20 y 74 años) ⁸³. Las ecuaciones para determinar el diámetro de la aorta esperados en los senos de Valsalva en relación con la superficie corporal para cada uno de los tres estratos de edad se encuentran en las Figuras uno a cuatro.

Estudios posteriores asociaron la dilatación aórtica con la presencia y progresión de la regurgitación aórtica y con la aparición de disección aórtica y con la presencia de hipertensión arterial ^{149, 150}. Sin embargo, la hipertensión parece tener un impacto mínimo en los senos de Valsalva pero se asocia con la dilatación de los segmentos más distales de la aorta. La tabla 5 muestra el límite superior de las dimensiones de la raíz de aorta en adultos vigentes en la actualidad.

Tabla 5. Límite superior de las dimensiones de la aorta a nivel del plano valvular, senos de Valsalva y anillo supraaórtico por sexo.

	Hombres		Mujeres	
	Absoluto (cm)	Indexado (cm/m ²)	Absoluto (cm)	Indexado (cm/m ²)
Plano valvular %	3,1 (97)	1,6 (100)	2,6 (97)	1,6 (100)
Senos de Valsalva %	4,0 (99)	2,1 (99)	3,6 (96)	2,1 (97)
Anillo supraaórtico %	3,6 (97)	1,9 (98)	3,2 (100)	1,9 (97)

Especificidad para cada uno de los valores en paréntesis. Modificada de Roman, MJ et al. 1989 ⁸³.

1.7 Recapitulación

El Corazón del deportista viene siendo objeto de estudio desde hace más de un siglo por los cambios anatomo-funcionales que produce el entrenamiento prolongado en las cavidades cardíacas.

Los deportes según el tipo de ejercicio predominante ejercen una influencia distinta en función del tipo de contracción muscular, las características bioenergéticas y el componente estático y dinámico durante la competición.

La ecocardiografía se ha posicionado como la técnica de imagen más utilizada para su estudio, existiendo numerosas investigaciones que se han centrado en el ventrículo izquierdo, bastantes sobre el ventrículo derecho, escasas sobre las aurículas y muy limitadas sobre la aorta. Sin embargo, la aorta es muy importante en el deportista porque puede ser causa de muerte súbita durante la práctica deportiva, sobre todo en aquellos casos que muestran una dilatación que va más allá de los límites fisiológicos.

Se han analizado diferentes condicionantes de las adaptaciones como el tipo, intensidad y duración del entrenamiento, años de entrenamiento, edad y sexo, dimensión corporal, factores genéticos y endocrinos, y se han establecido los límites fisiológicos de la hipertrofia cardíaca del deportista. Sin embargo, existe controversia sobre cómo afectan los diferentes tipos de entrenamiento a la raíz de la aorta. Es más, no se conoce con certeza donde está el límite de la adaptación de la aorta a los diferentes tipos de deporte.

De hecho en la práctica clínica habitual se están utilizando los baremos de la población general que obviamente no tienen por qué ser extrapolables a la población de deportistas. Por esta razón esta tesis pretende establecer los límites fisiológicos del remodelado aórtico en los deportistas de alta competición basándose en las amplias bases de datos del Centro Nacional de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes, de cuyo Servicio de Cardiología es jefe la doctorando.

HIPOTESIS

2. Hipótesis

Teniendo en cuenta las adaptaciones que produce el deporte sobre el resto de las cavidades cardíacas es lógico pensar que el entrenamiento prolongado en deportistas altamente cualificados podría producir modificaciones en la raíz de la aorta, de tal manera que aquellos deportistas de especialidades de alta demanda cardiovascular deberían ser los que desarrollasen las aortas más adaptadas y por tanto más grandes. De acuerdo a lo expuesto en la introducción, en esta Tesis se pretende describir las dimensiones de la aorta en deportistas de alta competición, para desarrollar unos baremos que puedan servir de referencia en la práctica clínica así como testar las siguientes hipótesis:

- Los deportistas tendrán aortas más grandes que la población general
- Los hombres deportistas tendrán aortas mayores que las mujeres deportistas.
- Los deportes con mayor componente dinámico se asociarán con un mayor tamaño de la aorta.
- Los deportes con mayor componente estático se asociarán con un mayor tamaño de la aorta.
- Aquellos deportistas con mayor potencia aeróbica, lo que implica un mayor consumo de oxígeno, tendrán aortas más grandes.
- El tamaño del ventrículo izquierdo, la edad y la superficie corporal, guardarán una relación positiva con el tamaño de la aorta.

En consecuencia, es necesario determinar si la aorta sigue los mismos patrones de adaptación al entrenamiento que el ventrículo izquierdo y el grado de relación con el resto de variables cardíacas y biométricas. Gracias a que en el Centro de Medicina del Deporte del CSD pasan reconocimiento preparticipación deportiva los deportistas de alto nivel (DAN) españoles pertenecientes a las selecciones nacionales disponemos de una gran base de datos que incorpora la información proveniente de la historia clínica, del electrocardiograma, la ecocardiografía, estudio antropométrico, ergoespirométrico, nutricional y de aparato locomotor.

Objetivos

3. Objetivos

3.1 Generales

Establecer los límites fisiológicos y los condicionantes del remodelado aórtico asociado con el entrenamiento intenso y prolongado, así como la prevalencia y significado de la dilatación de la raíz de aorta, analizando los estudios ecocardiográficos realizados en más de 4.000 deportistas españoles de alta competición.

3.2 Objetivos Concretos

- Describir las dimensiones de la raíz de aorta en deportistas españoles de alto nivel de ambos sexos.
- Estudiar las diferencias entre las adaptaciones de la aorta inducidas por los distintos tipos de entrenamiento, según el grado del componente dinámico y estático por sexo.
- Establecer la relación entre el rendimiento físico, indicado por un parámetro global como es el VO₂ máximo, y las diferentes medidas de la raíz de aorta
- Valorar el grado de relación entre el tamaño de la raíz de la aorta y algunas de las variables biométricas (edad, talla, peso y SC), con la tensión arterial, el consumo de O₂, el volumen y la masa del ventrículo izquierdo, las dimensiones auriculares y el gasto cardiaco, en los deportistas que han finalizado su crecimiento.
- Establecer los valores de referencia (límites de normalidad) de las dimensiones de la aorta en deportistas de alto nivel para los distintos tipos de deporte, en función del componente estático y dinámico de los deportes.

Material y Métodos

4. Material y métodos

4.1 Población de estudio

4.1.1 Grupo de estudio

En el Centro Nacional de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes pasan reconocimiento médico deportivo gran parte de los deportistas de alto nivel y de alta competición españoles, algunos medallistas olímpicos, pertenecientes a las distintas selecciones nacionales o a equipos profesionales. En el desarrollo de la Ley del Deporte de 1990, el Real Decreto 1467/1997, de 19 de septiembre, define la condición de deportistas de alto nivel. Se considera como deportista de alto nivel, a aquellos cuyo rendimiento y clasificación les sitúe entre los mejores del mundo o de Europa, siendo acreditados como tal por resolución del Presidente del Consejo Superior de Deportes. Las relaciones de deportistas de alto nivel son publicadas en el BOE anualmente.

Pueden obtener la condición de deportista de alto nivel los deportistas con licencia federativa estatal o con licencia autonómica homologada que participan en competiciones organizadas por las Federaciones internacionales reguladoras de cada deporte o por el Comité Olímpico Internacional y que cumplan los criterios exigidos según la pertenencia a alguno de los siguientes grupos:

Grupo A: deportistas de categoría absoluta, que participen en modalidades y/o pruebas olímpicas.

Grupo B: deportistas de categoría absoluta, que participen en modalidades y/o pruebas no olímpicas, definidas y organizadas por las federaciones internacionales en las que estén integradas las federaciones españolas.

Grupo C: deportistas de categorías de edades inferiores a la absoluta (entre 22 y 15 años) que participen en modalidades y/o pruebas olímpicas.

Grupo D: deportistas de categorías de edades inferiores a la absoluta (entre 22 y 15 años) que participen en modalidades y/o pruebas no olímpicas, definidas y organizadas por las federaciones internacionales en las que estén integradas las federaciones españolas.

Grupo E: deportistas de categorías de edades inferiores a la absoluta (entre 20 y 15 años)

que participen en modalidades y/o pruebas olímpicas de categorías absolutas.

Grupo F: deportistas de categorías de edades inferiores a la absoluta (entre 20 y 15 años) que participen en modalidades y/o pruebas no olímpicas de categorías absolutas, definidas y organizadas por las federaciones internacionales en las que estén integradas las federaciones españolas.

Se consideran deportistas de alto rendimiento aquellos deportistas con licencia expedida u homologada por las federaciones deportivas españolas, que cumplan alguna de las siguientes condiciones:

- a) que hayan sido seleccionados por las diferentes federaciones deportivas españolas, para representar a España en competiciones oficiales internacionales en categoría absoluta, en categorías inferiores a la absoluta en al menos uno de los dos últimos años.
- b) que sigan programas tutelados por las federaciones deportivas españolas en los centros de alto rendimiento reconocidos por el Consejo Superior de Deportes o estén incluidos en el Programa Nacional de Tecnificación Deportiva desarrollado por el Consejo Superior de Deportes o que sigan programas de tecnificación tutelados por las federaciones deportivas españolas.
- c) que sigan programas tutelados por las comunidades autónomas o federaciones deportivas autonómicas, en los Centros de tecnificación reconocidos por el Consejo Superior de Deportes.

Desde 1988, con ocasión de las mejoras puestas en marcha por el CSD por la concesión de los JJOO a España, en Barcelona 1992, en el reconocimiento preparticipación deportiva del Centro Nacional de Medicina del Deporte, está incluido el reconocimiento cardiológico que consta de una historia y exploración física, un electrocardiograma con tira de ritmo, una radiografía de tórax, un ecocardiograma doppler-color transtorácico y una ergoespirometría. En los casos que se detecta alguna anomalía cardíaca el estudio es cumplimentado con otras pruebas diagnósticas de imagen (Monitorización dinámica de la frecuencia cardíaca o de la presión arterial, cardiorresonancia, angioTAC cardíaco y/o torácico, estudio de perfusión miocárdica, coronariografía o estudio electrofisiológico).

El protocolo de estudio ecocardiográfico inicialmente constaba de un estudio cualitativo realizado con eco 2D y doppler pulsado-continuo y color de las cavidades, válvulas cardíacas y de los grandes vasos, y de un estudio cuantitativo basado fundamentalmente en medidas en modo M de la aorta, aurícula izquierda, ventrículo derecho e izquierdo, utilizándose sólo para el cálculo del gasto cardíaco la medida del tronco de la arteria pulmonar en 2D. A lo largo de los años la cuantificación ha ido ampliándose incorporándose las medidas en 2D de la raíz de la aorta en 1994 y de las aurículas en su dimensión superoinferior en 1995. El estudio de la función sistólica se hace fundamentalmente en modo M dado que los deportistas muestran corazones estructuralmente normales, y el estudio de la función diastólica se realiza desde el inicio mediante doppler pulsado y continuo habiéndose incorporado el doppler tisular a partir del año 2005.

Para el presente estudio se han tenido en cuenta las exploraciones ecocardiográficas realizadas a deportistas de alto nivel desde enero de 1997 hasta diciembre de 2013. En la selección de la muestra definitiva se excluyeron del total de estudios:

- 1) todas aquellas exploraciones técnicamente no satisfactorias, y
- 2) las pertenecientes a deportistas con enfermedad cardiovascular que pudiera suponer o bien alguna contraindicación para la práctica de su deporte a nivel de competición según la 36th Bethesda Conference¹⁵¹, o bien una sobrecarga adicional que alterara las adaptaciones cardíacas inducidas por el entrenamiento per se.

4.1.2 Selección de la muestra

Entre enero 13 de enero de 1997 y el 30 de diciembre del 2013 fueron valorados para reconocimiento cardiológico preparticipación deportiva 4.739 deportistas distintos consecutivos. Inicialmente se eliminaron para el estudio 213 casos (169 eran árbitros, 12 entrenadores nacionales, 16 DAN pero discapacitados físicos y en 16 no se disponía de medidas validas de la aorta o de las aurículas en su dimensión supero inferior). De los 4.526 casos seleccionados fueron excluidos 259 (5,7%), uno de ellos por presentar una muerte súbita en el seguimiento sin cardiopatía estructural y con autopsia blanca. Los criterios de selección y de exclusión se presentan a continuación.

Criterios de selección:

- Reunir la condición de DAN.
- Disponer de todas las medidas de la aorta tanto en modo M como en 2D.
- Tener ECG de reposo.

Criterios de exclusión:

- Presentar válvula aórtica bicúspide, signos marfanoides según los criterios de Ghent¹⁵² o aneurisma de aorta, entendiendo por aneurisma dilataciones generalizadas de la raíz de la aorta con pérdida de su morfología superiores a 50 mm. o dilataciones localizadas de los senos de Valsalva o de la aorta ascendente superiores a 45 mm.
- Cortocircuitos izquierda-derecha (CIA, CIV o ductus).
- Gradiente aórtico pico > de 15 mm Hg.
- Insuficiencia aórtica mayor que moderada sin patología valvular.
- Insuficiencia mitral mayor que moderada sin patología valvular.
- Cifras de presión arterial elevadas (TAS>140 mm Hg y/o TAD>90mm Hg).
- Bloqueo A-V de segundo grado o superior.
- Hipertrofia ventricular izquierda no fisiológica.

Para aquellos deportistas con más de un estudio durante el periodo mencionado, se eligió el más reciente que tuviera ergoespirometría. Los reconocimientos por razones de agenda no siempre se realizaron en el momento de máximo rendimiento aunque por razones obvias por tratarse de DAN el entrenamiento siempre es intenso. Todos los deportistas incluidos en el estudio se les ha considerado libres de cardiopatía siéndoles concedida la aptitud a nivel competitivo, y la mayoría siguen activos aunque algunos hayan abandonado la alta competición.

4.1.3 Muestra final

Después de hacer las exclusiones antes mencionadas la muestra final quedó constituida por 4.267 DAN de los cuales 2.742 eran varones (64,3%) y 1.525 mujeres (35,7%), pertenecientes a 45 disciplinas deportivas. Todas fueron categorizadas de acuerdo con componente estático y dinámico durante la competición. La mayoría se encontraban incluidas en la clasificación de Mitchell ⁴⁶ que agrupa los deportes según el componente estático y dinámico durante la competición (Tabla 1). Los clasifica en estático bajo (I) <20% de una Contracción Voluntaria Máxima, moderado (II) 20-50% de CVM y alto (III) >50% CVM. Según el componente dinámico en bajo (A) <40% VO₂ máx., moderado (B) 40-70% de VO₂ máx. y alto (C) >70% VO₂ máx. Las que no estaban clasificadas se incluyeron en la categoría que más se ajustaba por consenso de tres médicos Especialistas en Medicina del Deporte del Centro (el responsable de la Unidad de Fisiología del Esfuerzo, la responsable de la Unidad de Cineantropometría y la responsable de la Unidad de Cardiología, todos con más de 20 años de experiencia en la valoración de deportistas de alta competición). Las disciplinas de nueva clasificación fueron:

- Alpinismo IIIB
- Esquí artístico IIIB
- Esquí de travesía IIIC
- Fútbol sala IIC
- Kickboxing IIIC
- Motonáutica IIA
- Pentatlón moderno IIC
- Waterpolo IIIC

La tabla 6 muestra todas las disciplinas según su componente estático y dinámico. La tabla 7 muestra la agrupación de los deportistas por sexo según el componente estático y dinámico. El 40,9% de los deportistas están incluidos en la categoría III del componente estático (n=1.447), siendo muy similar la proporción entre el grupo I y II, 30,2% (n=1290) y 28,8% (n=1230) respectivamente. Del total de la muestra, 1.148 (26,9 %) pertenecían a la categoría A, 811 (19%) a la B, y más de la mitad de los deportistas 2.308 (54,1%) a la C. Las

distintas especialidades del atletismo con un 14,8% del total de la muestra, seguidas del judo (7,7 %) y el baloncesto (7,5%) son los grupos más numerosos de deportistas.

Del total de deportistas 4.180 (97,9%) eran de raza blanca, 83 (1,9%) de raza negra o mestizos, 56 varones y 27 mujeres (2,0 y 1,8% respectivamente). Solo 4 deportistas, 2 hombres y 2 mujeres, eran asiáticos (0,1%).

Se consideraron deportistas adultos y por tanto que habían alcanzado su madurez en el desarrollo 2.086 hombres (76,1%) con una edad mayor de 18 años y 1.268 mujeres (83,2%) mayores de 16 años ¹¹¹. Los deportistas menores de esta edad fueron filtrados para el estudio estadístico analítico con el objeto de eliminar la posible influencia del factor crecimiento en las dimensiones cardíacas y para la realización de los baremos.

Todos los deportistas tienen firmado un consentimiento informado que rellenan antes de iniciar el reconocimiento médico, y los datos clínicos forman parte de la base de datos del Centro de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes.

Tabla 6a. Deportes de la categoría I (Bajo componente estático) subdivididos según el componente dinámico bajo (A), moderado (B) o alto (C).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL			Sexo			
			HOMBRE		MUJER	
			N	%	N	%
I	IA	Golf	96	50,8	40	45,5
		Tiro olímpico	93	49,2	48	54,5
		Total	189	100	88	100
	IB	Beisbol/ Softbol			8	9,3
		Esgrima	83	71,6	50	58,1
		Tenis de mesa	10	8,6		
		Voleibol	23	19,8	28	32,6
		Total	116	100	86	100
	IC	Fútbol	110	20,1	27	10,2
		Badminton	30	5,5	17	6,4
		Atletismo fondo	109	20	54	20,4
		Atletismo marcha	26	4,8	14	5,3
		Esquí fondo	12	2,2		
		Orientación	22	4	7	2,6
		Fútbol sala	49	9		
		Hockey hierba	125	22,9	106	40
		Pádel	31	5,7	27	10,2
		Squash	5	0,9	2	0,8
		Tenis	27	4,9	11	4,2
		Total	546	100	265	100

Tabla 6b. Deportes de la categoría II (Moderado componente estático) subdivididos según el componente dinámico bajo (A), moderado (B) o alto (C).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL			Sexo			
			HOMBRE		MUJER	
			N	%	N	%
II	IIA	Automovilismo	6	11,1		
		Motociclismo	4	7,4		
		Motonáutica	10	18,5		
		Tiro con arco	34	63	20	100
		Total	54	100	20	100
	IIB	Patinaje hielo	7	2,7	11	7,8
		Atletismo vallas	3	1,2		
		Atletismo saltos	66	25,7	27	19,1
		Atletismo velocidad	99	38,5	56	39,7
		Rugby	82	31,9	47	33,3
		Total	257	100	141	100
	IIC	Baloncesto	240	49	80	29,9
		Balonmano	42	8,6	57	21,3
		Atletismo medio fondo	87	17,8	37	13,8
		Natación	116	23,7	94	35,1
		Pentatlón moderno	5	1		
		Total	490	100	268	100

Tabla 6c. Deportes de la categoría III (Alto componente estático) subdivididos según el componente dinámico bajo (A), moderado (B) o alto (C)

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL			Sexo			
			HOMBRE		MUJER	
			N	%	N	%
III	IIIA	Atletismo lanzamientos	24	6,2	11	2,7
		Gimnasia artística	47	12,1	68	16,6
		Gimnasia rítmica			105	25,7
		Halterofilia	50	12,9	34	8,3
		Judo	184	47,4	144	35,2
		Escalada	20	5,2	3	0,7
		Karate	28	7,2	18	4,4
		Taekwondo	21	5,4	22	5,4
		Vela	6	1,5	3	0,7
		Wushu	2	0,5		
		Gimnasia cama elástica	1	0,3		
		Gimnasia trampolín	5	1,3	1	0,2
		Total	388	100	409	100
	IIIB	Esquí artístico	3	2,2	5	6,9
		Esquí alpino	37	26,6	37	51,4
		Snowboard	5	3,6	2	2,8
		Lucha	77	55,4	25	34,7
		Alpinismo	17	12,2	3	4,2
		Total	139	100	72	100
	IIIC	Boxeo	83	14,7	13	7,4
		Ciclismo	93	16,5	12	6,8
		Patinaje velocidad			6	3,4
		Atletismo pruebas combinadas	14	2,5	7	4,0
		Esquí travesía	55	9,8	16	9,1
		Kickboxing	21	3,7	3	1,7
		Piragüismo	121	21,5	57	32,4
		Remo	35	6,2	9	5,1
		Triatlón	121	21,5	49	27,8
		Waterpolo	20	3,6	4	2,3
		Total	563	100	176	100

Tabla 7a. Deportistas por sexo según el componente estático. Componente estático bajo (I), moderado (II) o alto (III).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL Componente estático			Sexo			
			HOMBRE		MUJER	
			N	%	N	%
I	1290	30,2%	851	31,0	439	28,8
II	1230	28,8%	801	29,2	429	28,1
III	1747	40,9%	1090	39,8	657	43,1
TOTAL	4267	99,9%	2742	100	1525	100

Tabla 7b. Deportistas por sexo según el componente dinámico. Componente dinámico bajo (A), moderado (B) o alto (C).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL Componente dinámico			Sexo			
			HOMBRE		MUJER	
			N	%	N	%
A	1148	26,9%	631	23,0	517	33,9
B	811	19,0%	512	18,7	299	19,6
C	2308	54,1%	1599	58,3	709	46,5
Total	4267	100%	2742	100	1525	100

Tabla 7c. Deportistas adultos por sexo según el componente estático. Componente estático bajo (A), moderado (B) o alto (C).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL Componente estático			Sexo			
			HOMBRE >18 AÑOS		MUJER >16 AÑOS	
			N	%	N	%
I	1055	31,5%	664	31,8	391	30,8
II	969	28,9%	606	29,0	363	28,6
III	1330	39,6%	816	39,1	514	40,5
TOTAL	3354	100%	2086	99,9	1268	99,9

Tabla 7d. Deportistas adultos por sexo según el componente dinámico. Componente dinámico bajo (A), moderado (B) o alto (C).

CLASIFICACIÓN DE MITCHELL Componente dinámico			Sexo			
			HOMBRE >18 AÑOS		MUJER >16 AÑOS	
			N	%	N	%
A	824	24,6%	445	21,3	379	29,9
B	694	20,7%	415	19,9	279	22,0
C	1836	54,7%	1226	58,8	610	41,1
Total	3354	100%	2086	100	1268	100

4.2 Equipamiento y personal

4.2.1 Electrocardiógrafos y esfigmomanómetros

Los ECG basales fueron realizados con un electrocardiógrafo Hewlett-Packard 4700A (Hewlett-Packard Española S.A.) y con un electrocardiógrafo General Electric Mac 5500 (General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA), ambos de alta gama con adquisición simultánea de 12 derivaciones.

Para el registro de la TA se utilizó un esfigmomanómetro de mercurio modelo Nova-Presameter Standmodell de Riester (Riester, Jungingen, Alemania) y un esfigmomanómetro digital modelo Omron Digital Automatic Blood Pressure Monitor HEM-907 (Omron Healthcare Europe B.V., Hoofddorp, Holanda) con diferentes manguitos braquiales para la correcta medida según los perímetros braquiales de los deportistas.

Equipo humano: Los electrocardiogramas y la toma de las constantes vitales son realizadas por dos enfermeras adscritas al Servicio de Cardiología. Además son las encargadas de abrir la historia clínica cardiológica y de introducir gran parte de los datos en la base de cardiología.

4.2.2 Ecocardiógrafos

Los estudios ecocardiográficos han sido realizados con equipos de alta gama que se han ido actualizando con el desarrollo de las técnicas ultrasónicas. Han sido tres los equipos utilizados a lo largo del estudio: Ecocardiógrafo Toshiba SSH-140A (Toshiba Medical Systems S.A., España) el más antiguo utilizado hasta el año 2004, Ecocardiógrafo Philips SONOS 7500 (Philips Medical Systems, Bothell, Washington, USA) adquirido en el 2003 en uso hasta la actualidad y Ecocardiógrafo Toshiba ARTIDA (Toshiba Medical Systems S.A., Madrid, España), el más moderno, adquirido en el año 2011. Todos incorporan imagen mono y bidimensional, y Doppler pulsado, continuo, y codificado en color.

Se emplearon transductores electrónicos con tecnología Phased Array, multifrecuencia, sectoriales con una amplitud angular entre 20 y 110 grados, con una profundidad de barrido, variable entre 3 y 24 cm. Estas sondas pueden emitir distintas frecuencias de onda, lo que las hace muy versátiles a la hora de realizar estudios ecocardiográficos a pacientes de muy diferentes características anatómicas. Además los dos equipos más modernos incorporan la tecnología del segundo armónico que mejora sustancialmente la calidad de la imagen en los pacientes que muestran una mala transmisión ultrasónica. En estas sondas la frecuencia

suele oscilar entre 1,2 y 3,5 MHz. Así en deportistas con gran desarrollo muscular (piragüistas, gimnastas, lanzadores, jugadores de rugby,...) se utilizaran las frecuencias bajas, mientras que para aquellos más delgados (maratonianos, gimnasia rítmica,...) se utilizarán las frecuencias altas.

Para la técnica doppler, los transductores emiten con un rango de frecuencia entre 1 y 10 MHz, y consiste en emitir ultrasonidos contra los hematíes lo que permite estudiar las características dinámicas de los flujos y de las presiones intracardiacas o intravasculares. El análisis de la dirección del flujo realizado mediante doppler pulsado, continuo y color es básico para determinar los distintos patrones normales y detectar flujos con direcciones anormales presentes en regurgitaciones y cortocircuitos. Los ecocardiógrafos Sonos 7500 y Artida incorporan la técnica de doppler tisular que permite detectar las velocidades de desplazamiento de las paredes miocárdicas en relación con el tiempo y utiliza los mismos principios físicos que se usan para analizar el flujo sanguíneo. Esta técnica ayuda a completar el estudio de la función diastólica del ventrículo izquierdo con la ventaja que está menos afectada por los cambios de volumen circulante o la frecuencia cardiaca.

Todos llevan incorporado un software para la medición y el cálculo de los parámetros cardiológicos convencionalmente utilizados con unidad de cálculos diferidos. El equipo Artida dispone de sonda 3D y de la tecnología de Speckle Tracking.

Equipo humano: La totalidad de los estudios ecocardiográficos fueron realizados por médicos especialistas debidamente entrenados en la técnica ecocardiográfica bajo la supervisión de la doctorando responsable del Servicio de Cardiología con experiencia reconocida en la valoración de deportistas.

4.2.3 Antropometría

En la realización de la toma de medidas de las variables antropométricas se utilizó el siguiente instrumental antropométrico:

- Báscula o balanza pesa personas: Utilizada para obtener el peso corporal. Marca Secadelta digital, especial para silla de ruedas. Dispone de un nivel para comprobar

que la plataforma este nivelada. Dimensiones: altura: 90 cm.; plataforma: 97 * 80 cm. Capacidad de pesaje máxima de 360 kg y mínima de 0.1 kg. Precisión de 0.1 kg.

- **Estadiómetro:** Empleado para medir la estatura. Está compuesto por una tabla rectangular situada perpendicular al suelo y fijada a la pared, sobre la que se desliza en sentido vertical una pequeña tabla horizontal para contactar con la parte superior de la cabeza. La tabla vertical lleva incorporada la escala métrica, realizándose la lectura directa en contador, en la intersección con la tabla horizontal. En el suelo, existe una plataforma donde se sitúa al sujeto. Esta plataforma dispone de un tope posterior donde deben contactar los talones, y que está colocado de forma que coincide al mismo nivel que la tabla perpendicular donde se apoya la espalda. Marca Holtain Limited. Fabricado en Gran Bretaña. Peso: 19 kg. Dimensiones: 181 cm * 35 cm * 22 cm. La tabla horizontal tiene una dimensión de 24 cm * 18cm. Rango de 700 mm a 2.200 mm. Precisión de 1 mm

Equipo humano: Un médico especialista en Medicina del Deporte y una auxiliar de enfermería. Todos los estudios antropométricos son supervisados por la Médico Responsable del Servicio.

4.2.4 Ergoespirometría

Sala de esfuerzo : El Centro dispone de una sala para la realización de las pruebas de esfuerzo ubicada en la planta sótano por incluir ergómetros muy pesados, amplia y bien ventilada con una temperatura entre 20-22º C y con altura suficiente como para poder realizar pruebas a deportistas de estatura elevada teniendo en cuenta un posible incremento de la pendiente del tapiz rodante.

Ergómetros:

Para la correcta valoración funcional es necesario disponer de ergómetros que reproduzcan el gesto biomecánico del deportista, para de esta manera favorecer la motivación del mismo y buscar la mayor especificidad y aplicabilidad en la valoración. El ergómetro más utilizado es la cinta rodante ya que la carrera es un gesto biomecánico natural, que no requiere habilidades motrices especiales, siendo un ejercicio dinámico en el que se movilizan grandes grupos musculares. De ésta manera se garantiza una adecuada adaptación al ergómetro y la obtención de un consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) más

elevado y acorde al potencial real del deportista. En la mayoría de las especialidades deportivas se realiza carrera en algún momento de la temporada, aunque en algunas de ellas no sea la base del entrenamiento.

Se dispone además de cicloergómetro, ergómetro de manivela, y ergómetros específicos de piragua (en sus modalidades de kayak y canoa) y el remoergómetro. El cicloergómetro es otro de los ergómetros más usado por su gran especificidad para ciclistas, el buen registro electrocardiográfico, la estabilidad del paciente durante la prueba, la posibilidad de valorar determinados parámetros como la tensión arterial y la lactacidemia sin pausas en el protocolo. Es el ergómetro de elección para la valoración de ciclistas, triatletas (cuando queramos transferir los resultados al entrenamiento en bicicleta) y para aquellos deportistas que por su elevado peso corporal es difícil su adaptación a la cinta rodante (algunos deportistas de categoría de peso pesado en judo, halterofilia...).

- Tapiz rodante Marca Erich Jaeger - HP Cosmos, modelo LE-600C y tapiz rodante HP Cosmos, modelo LE 580 C (CareFusion inc, Hoechberg, Alemania). Tapices rodantes con dimensiones de la banda rodante especial, superficie útil de 2,5 m. de larga por 0,75 m. de anchura, y que alcanzan una velocidad máxima de 26 km/h y 60 Km/h respectivamente y una pendiente del 24 %. Estos tapices permiten múltiples incrementos de la velocidad y la pendiente para protocolos en rampa.
- Cicloergómetro Marca Erich Jaeger, modelo ViaSprint (CareFusion inc, Hoechberg, Alemania) utilizado desde 1999 y cicloergómetro Marca Erich Jaeger, modelo ER 900 (CareFusion inc, Hoechberg, Alemania), ambos de freno electromagnético que permiten alcanzar hasta 900 vatios de potencia.
- Remoergómetro modelo Concept II modelo C utilizado hasta el año 2005 y modelo Concept II modelo D vigente en la actualidad (Concept Inc, North Bellmore, New York, USA).
- Ergómetro de piragua para kayak, Kayakergómetro Dansprint (Dansprint ApS, Vanlose, Dinamarca).

Ergoespirómetro:

Los equipos de ergoespirometría están compuestos por un sistema de medida de la ventilación pulmonar (neumotacógrafo, turbina, flujómetro de masas, triple V) y por analizadores de gases respiratorios para el oxígeno y para el dióxido de carbono. La realización de una ergoespirometría exige una calibración meticulosa del equipo en cuanto a condiciones ambientales (necesario disponer de una estación meteorológica o medición automática por el equipo), volúmenes (utilización de jeringa de calibración de 2-3 litros) y gases (calibración automática a partir de concentración de gases de referencia –botella de calibración- y comprobación con aire ambiente). Los actuales ergoespirómetros disponen de analizadores de gases de rápida respuesta midiendo respiración a respiración. Para el posterior tratamiento de los datos es recomendable promediar los resultados cada 10 a 15 segundos

- Analizador de gases respiratorios Marca Erich Jaeger, modelo Oxycon Champion (CareFusion inc, Hoechberg, Alemania), adquirido en 1996 con un sistema de medida respiración a respiración y con un medidor de volumen espiratorio bidireccional triple-V®.
- Analizador de gases respiratorios Marca Erich Jaeger, modelo Oxycon Pro (CareFusion inc, Hoechberg, Alemania), adquirido y utilizado desde 1999 con un sistema de medida respiración a respiración y con un medidor de volumen espiratorio bidireccional triple-V.

Consola para monitorización dinámica electrocardiográfica

Es necesario para controlar, analizar y registrar la respuesta de la frecuencia cardíaca así como para detectar la aparición de algún trastorno electrocardiográfico o arritmias. La monitorización electrocardiográfica (ECG) mejor consiste en disponer de equipos que permitan analizar las 12 derivaciones convencionales (I,II,III, aVR, aVL, aVF, V_{1...6}). Aunque el ECG de esfuerzo se valora en tiempo real los equipos que guardan el registro ECG de la prueba en memoria son los más interesantes porque permiten valorar posteriormente la prueba en detalle en caso de dudas. Es muy conveniente disponer de un registro de señal de ECG informatizada y promediada para evitar el ruido muscular y obtener una mejor estabilización de la desviación del ST.

- Electrocardiografo de 12 canales computarizado, Marquette modelo Case 8000 (Marquette Medical Systems inc. Milwaukee, Wisconsin, USA) y electrocardiografo de 12 canales computarizado, de General Electric modelo Case (General Electric Medical Systems, Milwaukee, Wisconsin, USA). Ambos permiten la obtención del ECG de 12 derivaciones durante la prueba de esfuerzo con visualización en tiempo real y registro en papel. Llevan incorporados un software para almacenaje de los datos electrocardiográfico y de presión arterial tanto en tiempo real como en diferido.

Material de urgencia: Se dispone en la sala de esfuerzo de una camilla, un desfibrilador, una toma de oxígeno y el material y la medicación de urgencia necesaria para la reanimación cardiopulmonar, así como para atender a otras posibles eventualidades durante la prueba. (arritmias, crisis hipertensivas, baches hipotensivos, angina, broncoespasmo, etc.).

Equipo humano: Las pruebas están supervisadas por un médico especialista en Medicina del Deporte que es el responsable de la interpretación clínica y de los parámetros biológicos monitorizados durante el ejercicio. Como mínimo hay un@ auxiliar de enfermería y/o un@ enfermer@ que se ocupa de la preparación del deportista y de la obtención durante la prueba de algunas variables biológicas como la tensión arterial, micromuestras de sangre para análisis de lactacidemia u otras determinaciones. El personal está entrenado en las técnicas de reanimación cardiopulmonar.

4.2.5 Material Informático

- Ordenador Intel ® Core ™ i5-370 [CPU@3.20](#) GHz, 3.20 GHz, memoria RAM 4.00 GB con Sistema operativo de 64 bits.
- Impresora Laser Jet 1300 de Hewlett Packard.
- Windows 7 Profesional Copyright 2009, Microsoft Corporation, USA.
- Base de datos FileMaker Pro 4.0 (Claris Corporation, Santa Clara, California , USA).
- Paquete de Office 2010 para Windows 7 (Microsoft Corporation USA).
- Paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 19.0 inc., IBM Company, Sun Microsystems, USA.

Equipo humano: Todos los equipos están soportados por el Servicio de Informática del CSD. Para el análisis estadístico se contó con la colaboración de una Médico Especialista en Medicina del Deporte y en Epidemiología y de una Dra. en Psicología profesora de Estadística del INEF, Universidad Politécnica de Madrid.

4.3 Protocolo de estudio

4.3.1 Medidas antropométricas

Los datos antropométricos de peso y talla fueron realizados por el Servicio de Antropometría a primera hora de la mañana y tras 12 horas de ayuno, y posteriormente incorporados a la historia clínica del deportista. La técnica empleada fue la recomendada por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK)¹⁵³.

Para el cálculo de la superficie corporal (SC) se utilizó la fórmula de DuBois y DuBois¹⁵⁴.

$$SC (m^2) = 71.84 \cdot \text{Peso (kg)}^{0.425} \cdot \text{Talla (cm)}^{0.725} \cdot 10^{-4}$$

4.3.2 Electrocardiograma

Previo al ecocardiograma se obtuvo un registro electrocardiográfico basal de 12 derivaciones más una tira de ritmo en II de 10 segundos según protocolo estándar con velocidad de papel a $25 \text{ mm} \cdot \text{sg}^{-1}$ y calibración de $0.1 \text{ mV} \cdot \text{mm}^{-1}$. Se analizó el ritmo y la frecuencia cardíaca en reposo, eje eléctrico, la amplitud y duración de la onda P y del complejo QRS, así como la duración de los intervalos PR y QT corregido. Se valoró si existían bloqueos sino-auriculares, aurículo-ventriculares o fasciculares, trastornos de la conducción interauricular o intraventricular, complejos anticipados, y alteraciones de la repolarización. También se midió el voltaje de la onda S en V1 y V2 y de la onda R en V5 para determinar el índice de Sokolow¹⁵⁵ como signo de HVI electrocardiográfica.

La medida de la presión arterial se realizó varios minutos después de haber adoptado la posición de decúbito supino, y según las normas de la Sociedad Europea de hipertensión¹⁵⁶.

4.3.3 Protocolo de estudio ecocardiográfico

El eco-doppler transtorácico se realizó según un protocolo estandarizado siguiendo las normas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía⁸⁴. Las imágenes en modo M y 2D se tomaron con los deportistas en decúbito semilateral izquierdo a 45°, con el transductor en las posiciones estándar utilizando las ventanas acústicas convencionales: paraesternal, apical, subcostal, y supraesternal. Se visualizaron los planos habituales, paraesternal longitudinal (eje largo) y transversal (eje corto), apical de cuatro y dos cámaras, con y sin aorta, y cuatro cámaras subcostal. El ajuste de ganancia y la escala de grises utilizada se ajustó individualmente en función del grosor de la pared torácica, de la profundidad de las cavidades cardíacas y de su orientación respecto al haz ultrasónico. El procesado de la imagen se adecuó en cada sujeto con vistas a lograr la mejor calidad de visualización.

Las mediciones de los espesores del septo interventricular (SIV) y de la pared posterior (Pp), los diámetros telediastólico (Dd) del VI y telesistólico (Ds) del VI, y el diámetro anteroposterior de la aurícula izquierda (AI ap), se realizaron desde la proyección de eje largo paraesternal, directamente en el monitor mediante la escala del propio instrumento, en modo M guiado por la imagen 2D en tiempo real y por la señal del ECG obtenida a partir de una derivación en CM5. Las medidas diastólicas se tomaron coincidiendo con el principio del complejo QRS, y las sistólicas con el momento de mayor desplazamiento posterior del SIV.

Al medir los espesores del SIV y de la Pp se puso especial cuidado para evitar incluir como parte de la pared a las distintas trabéculas tanto del VI (cuerdas tendinosas verdaderas o falsas) como del VD (aparato subvalvular tricuspídeo y banda moderadora), que pudieran simular hipertrofia. Las medidas del ventrículo izquierdo se obtuvieron utilizando la media de 3 ciclos cardíacos.

Los volúmenes telediastólico (VTD) y telesistólico (VTS) del VI se calcularon por el método Teichholz¹⁵⁷ en función de los diámetros telediastólicos y telesistólicos según la formula:

$$VTD = Dd^3 \times (7 / (2,4 + Dd)) \text{ y } VTS = Ds^3 \times (7 / (2,4 + Ds))$$

La fracción de eyección (FEVI) se calculó dividiendo el volumen latido por el volumen telediastólico:

$$FEVI = ((VTD - VTS) / VTD) \times 100$$

La masa del ventrículo izquierdo se calculó utilizando la formula corregida de Devereux^{13, 16}.

$$\text{Masa VI} = 0,8 \times 1,04 \times ((Dd + SIV + Pp)^3 - Dd^3)$$

Los índices del Dd, VTD y masa del VI se determinaron corrigiendo por la SC.

La dimensión antero posterior de la aorta en modo M (Ao modo M) y de la aurícula izquierda (Alap) se midieron en esta misma proyección, en telediástole auricular. Todas estas mediciones se llevaron a cabo siguiendo las normas de la American Society of Echocardiography (ASE)⁸⁴. Las dimensiones supero inferiores de ambas aurículas (Alsi y ADsi) se realizaron midiendo el diámetro longitudinal en telediástole auricular, a partir de la imagen 2D en la proyección de cuatro cámaras apical

El análisis de las dimensiones de la raíz de aorta se realizó en telediástole en Modo 2D en el eje largo paraesternal con la aorta lo mas horizontal posible de tal manera que se visualizase la mayor longitud de la aorta ascendente. La dimensión interna se obtuvo colocando el cursor de borde interno a borde interno de la pared obteniéndose medidas perpendiculares a nivel del plano valvular aórtico (Ao p valvular) de los senos de Valsalva (Ao s Valsalva), del anillo supraaórtico (Ao supra-aórtico) y de la aorta ascendente proximal (Ao asc proximal)⁸³.

Se consideró que la raíz de aorta estaba dilatada si las dimensiones de alguno de los planos aórticos superaba el 95% del límite superior del intervalo de confianza de la media de la distribución.

El gasto cardiaco fue calculado mediante doppler pulsado con el volumen muestra colocado en el tronco de la arteria pulmonar por debajo de la válvula con el haz de ultrasonidos alineado con la dirección del flujo. Se midió el diámetro del vaso a nivel del volumen muestra. Los equipos incorporan el cálculo automático del gasto cardiaco en función de la formula :

$$\text{Gasto cardiaco (GC)} = \text{área del vaso} \times \text{integral de la onda de flujo} \times \text{FC}$$

El patrón de llenado ventricular izquierdo fue medido mediante doppler pulsado con el volumen muestra colocado en el ventrículo debajo de la válvula mitral lo mas alineado con el flujo de entrada. Se midió las velocidades de las onda E y A, los tiempos de desaceleración de E y A. Por doppler continuo con el cursor colocado en el tracto de salida del ventrículo izquierdo se midió el tiempo de relajación isovolumétrica (TRI).

Todos los estudios ecocardiográficos han sido supervisados por la doctorando.

4.3.4 Ergoespiometría

La prueba de esfuerzo con determinación directa del consumo de oxígeno por método ventilatorio (ergoespiometría) y registro electrocardiográfico de 12 derivaciones fue realizada en el Servicio de Fisiología del Ejercicio. La prueba de esfuerzo consiste en una prueba máxima con protocolo incremental que ha ido evolucionando con los años para mejorar la adaptación de los deportistas al ergómetro y hacerlos más fisiológicos. Los parámetros funcionales fueron incorporados a la base de datos de cardiología.

A continuación en la Tabla 8a, 8b, 8c, 8d, 8e y 8f se muestran los protocolos más utilizados.

Tabla 8a. Protocolo de esfuerzo en tapiz rodante. Test incremental máximo escalonado continuo. 1%- 6-8 km·h⁻¹ + 1 km·h⁻¹ cada minuto.

EST.	Cal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VEL. km·h ⁻¹	M. 4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
	V. 6	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
PTE%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	4
Tmin	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Cal: Calentamiento; EST: Estadío; V.: Varón; M.:Mujer; PTE: Pendiente tapiz; T.:Tiempo (minutos); VEL: Velocidad.

Tabla 8 b. Protocolo de esfuerzo en tapiz rodante específico para maratón.

Test incremental máximo escalonado discontinuo. 1%- 8 km·h⁻¹ + 2 km·h⁻¹ cada 3 min.

ESTADIO	Cal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VELOCIDAD km·h ⁻¹	M. 6	8	10	12	14	16	18	20	20	20	-
	V. 6	8	10	12	14	16	18	20	22	22	22
PENDIENTE %	M. 1	1	1	1	1	1	1	1	3	5	-
	V. 1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	5
TIEMPO min.	M. 1	3	3	3	3	3	3	3	1	1	-
	V. 1	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1
LACTICOS mmol.l ⁻¹	-	F.	F.	F.	F.	F.	F.	F.	*	*	*
		30"	30"	30"	30"	30"	30"	30"			

F.: Final de cada estadío, toma de micromuestra de sangre para análisis de lactato (30 s. de parada); * Muestra para lactato en el máximo esfuerzo y en recuperación en los minutos 3, 5, 7 y 10. Cal: Calentamiento; V.: Varón; M.: Mujer.

Taba 8c. Protocolo de esfuerzo tapiz rodante específico para la especialidad de marcha. Test incremental máximo escalonado continuo. 1%- 6-8 km·h⁻¹ + 1 km·h⁻¹ cada 2 min.

ESTADIO	Cal.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VELOCIDAD	M. 6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
km·h ⁻¹	V. 8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
PENDIENTE%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3
TIEMPO minutos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Cal: Calentamiento; V.: Varón; M.:Mujer.

**Tabla 8d. Protocolo de esfuerzo en rampa para tapiz rodante
Test incremental máximo. 1%- 6-8 km·h⁻¹ + 0,25 km·h⁻¹ cada 15 s.**

Fase protocolo	Mujer	Varón
Calentamiento -toma contacto ergómetro- 2-5 min.	Velocidad (km·h ⁻¹)- 4 Pendiente (%)- 1	6 1
Test	Veloc. Inicial- 6 Δ 0,25 km·h ⁻¹ / 15" Pendiente- 1% \geq 19 km·h ⁻¹ Δ 0,25% /15"	8 Δ 0,25 km·h ⁻¹ / 15" Pendiente- 1% \geq 21 km·h ⁻¹ Δ 0,25% /15"
Recuperación activa	4 km·h ⁻¹ -3 min.	4 km·h ⁻¹ -3 min.

Tabla 8e. Protocolo de esfuerzo en ergómetro específico de remo Concept II.

Test propuesto por la Federación Española de Remo (año 2000).

1º Calentamiento libre (lactato tras calentamiento). Ventilador ergómetro nº 5.

2º Test incremental discontinuo submáximo (4-5 escalones de 3 min. con 30 s. de reposo -muestra sangre para lactato al final de cada estadio-).

3º 2 min. de reposo (lactato al 1'30" de reposo previo al test máximo).

4º Test máximo de 4 min. (lactato final test)

5º Recuperación pasiva (lactato minutos 3 y 5 de recuperación).

Test incremental discontinuo: potencia estadios

Estadios	1º	2º	3º	4º	5º
Remo ligero varón	200	230	260	290	320
Remo pesado varón	230	260	290	320	350
Remo ligero mujer	140	170	200	230	
Remo pesado mujer	170	200	230	260	

Tabla 8f. Protocolos para cicloergómetro de freno electromagnético (protocolo en rampa)

- Periodo inicial previo al test de 1 minuto a 25 vatios.
- Test: carga inicial 25 vatios con incrementos de 5 vatios cada 12 segundos.
- Frecuencia de pedaleo libre entre 60-90 pedaladas por minuto.
- Recuperación 3 minutos a 50 vatios.

4.4 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó un paquete estadístico (SPSS 19.0) y se realizó un estudio descriptivo de la muestra y un análisis inferencial. La significación estadística se fijó en 0,05.

4.4.1 Estadística descriptiva

Se realizó un estudio descriptivo en función del sexo (media, desviación estándar, mínimo y máximo, percentiles 5, 25, 50, 75 y 95) de todas las variables cuantitativas obtenidas. Este análisis se replicó para obtener la descripción en función del componente dinámico del deporte para cada sexo.

4.4.2 Estadística inferencial

Para la comparación de las medias de variables cuantitativas entre dos categorías o grupos de distinto sexo con datos independientes, se utilizó la prueba t de Student para datos no pareados. Para la comparación de medias entre más de dos categorías o grupos de diferente componente dinámico (A, B y C) o estático (I, II y III), se recurrió al Análisis de Varianza (ANOVA) de dos factores (componente dinámico x sexo). Las comparaciones múltiples a posteriori se realizaron mediante la prueba de Bonferroni. Para valorar el tamaño del efecto se calculó eta cuadrado¹⁵⁸.

Para estudiar las correlaciones entre las dimensiones de la aorta con algunas variables biométricas, el volumen y la masa del VI, las dimensiones auriculares, gasto cardiaco y con el consumo máximo de oxígeno, se calculó el coeficiente de correlación de Pearson (r), así como su significación. Se realizaron análisis de regresión lineal múltiple para evaluar la capacidad para predecir las dimensiones de la aorta de las variables antes mencionadas.

4.4.3 Fiabilidad

En el estudio de la fiabilidad intra e interobservador de las dimensiones de la aorta, espesores parietales, dimensión diastólica del VI, dimensiones auriculares, gasto cardíaco y velocidades de la onda E y A se calculó el coeficiente de correlación intraclass (CCI) y su intervalo de confianza al 95%¹⁵⁹.

Por otra parte se aplicó el test de Bland-Altman calculando las medias de las diferencias entre mediciones, la desviación estándar y el intervalo de confianza al 95%.

RESULTADOS

5. Resultados

5.1 Características generales de la muestra en función del sexo

Estudiamos a 4267 deportistas de alta competición de los cuales 2742 eran varones y 1525 mujeres. Las mujeres muestran una edad media de $20,3 \pm 5,4$ años con un rango entre 11 y 43 años y los hombres $22,2 \pm 6,2$ años con un rango entre 11 y 67 años. Este amplio rango de edad se debe a que en ciertos deportes como la gimnasia, natación cada vez llegan más jóvenes a la alta competición y en otros se mantienen compitiendo hasta edad avanzada como es el caso del alpinismo y el tiro olímpico.

Las mujeres como era de esperar eran menos altas que los hombres ($166,2 \pm 8,6$ cm frente $179,3 \pm 10,1$ mm) siendo en ambos sexos los más bajos los gimnastas y los mas altos los jugadores de baloncesto, con valores extremos de 137,8 cm en una mujer de gimnasia artística y de 222,2 cm en un pivot de baloncesto. Las diferencias en el peso corporal entre las mujeres y los hombres hace que la SC muestre un amplio rango que va desde 1,09 a $2,36 \text{ m}^2$ en las mujeres y de 1,12 a $2,92 \text{ m}^2$ en los deportista varones. La media de horas de entrenamiento semanal está muy por encima de 13 hora/semana, uno de los criterios utilizados para definir deportista de competición ($19,6 \pm 10,6$ horas en las mujeres y $18,9 \pm 8,8$ horas en los hombres). La media de la FC se encuentra en el rango de la normalidad ($63,5 \pm 11,2$ lpm. en las mujeres y $59,6 \pm 10,6$ lpm en los hombres) aunque los valores mínimos se encuentran dentro de la bradicardia extrema con 30 lpm, en las mujeres y 32 lpm en los hombres.

En la tabla 9 se describen las características generales de la población estudiada, que se corresponden con las variables biométricas edad, peso, talla y superficie corporal (SC), y de entrenamiento (años y horas de entrenamiento), la frecuencia cardiaca (FC) y la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD) de la muestra.

Tabla 9. Características de la muestra en función del sexo.

	N	Media	DE	Min	Max
Edad (años)					
Mujeres	1525	20,3	5,4	11	43
Hombres	2742	22,2	6,2	11	67
Peso (Kg)					
Mujeres	1525	59,0	11,3	30,2	130,3
Hombres	2742	74,8	14,0	30,6	142,3
Talla (cm)					
Mujeres	1525	166,2	8,6	137,8	196,7
Hombres	2742	179,3	10,1	141,5	222,2
SC (m²)					
Mujeres	1525	1,65	,18	1,09	2,36
Hombres	2742	1,93	,22	1,12	2,92
Años entrenamiento					
Mujeres	1466	7,7	4,3	1	28
Hombres	2605	8,6	5,0	1	42
Horas entrenamiento (Horas/sem)					
Mujeres	1354	19,6	10,6	2	60
Hombres	2337	18,9	8,8	2	62
FC (lpm)					
Mujeres	1525	63,5	11,2	30	122
Hombres	2742	59,6	10,6	32	102
PAS (mmHg)					
Mujeres	1525	112,1	9,9	85	140
Hombres	2742	121,2	9,9	90	140
PAD (mmHg)					
Mujeres	1525	62,6	7,2	40	85
Hombres	2742	66,2	7,6	40	90

N=tamaño válido de la muestra. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. SC= Superficie corporal. FC= Frecuencia cardiaca. PAS= Presión arterial sistólica. PAD= Presión arterial diastólica.

En la tabla 10 se muestra las variables detalladas en percentiles para mayor caracterización de la población estudiada.

Tabla 10. Percentiles de las características de la muestra en función del sexo.

	N	P5	P25	P50	P75	P95
Edad (años)						
Mujeres	1525	14	16	19	23	31
Hombres	2742	15	18	20	26	33
Peso (Kg)						
Mujeres	1525	41,2	52,4	58,3	64,5	78,0
Hombres	2742	56,1	65,8	72,8	81,9	101,1
Talla (cm)						
Mujeres	1525	152,4	160,9	166,0	171,1	181,9
Hombres	2742	164,9	173,0	178,5	184,8	198,7
SC (m²)						
Mujeres	1525	1,36	1,54	1,65	1,75	1,97
Hombres	2742	1,63	1,79	1,91	2,05	2,33
Años entrenamiento						
Mujeres	1466	1	5	7	10	15
Hombres	2605	2	5	8	12	18
Horas entrenamiento(Horas/sem)						
Mujeres	1354	6	12	18	24	42
Hombres	2337	6	12	18	24	36
FC (lpm)						
Mujeres	1525	46	56	63	71	84
Hombres	2742	43	53	60	66	78
PAS (mmHg)						
Mujeres	1525	95	105	110	120	130
Hombres	2742	105	115	120	130	140
PAD (mmHg)						
Mujeres	1525	50	60	60	70	75
Hombres	2742	55	60	65	70	80

N=tamaño válido de la muestra. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95. SC= Superficie corporal. FC= Frecuencia cardiaca. PAS= Presión arterial sistólica. PAD= Presión arterial diastólica.

La adaptación cardiaca al entrenamiento, llamada corazón del deportista se define además de por la bradicardia y los signos de vagotonía por la hipertrofia fisiológica del ventrículo izquierdo (VJ) y por la dilatación global armónica de las cuatro cavidades cardiacas. Es por ello que se analizaron las variables morfométricas del VI y las dimensiones de ambas aurículas.

En las tablas 11 y 12 se describen las dimensiones del ventrículo izquierdo, medidas realizadas en modo M por sexo.

Tabla 11. Dimensiones del ventrículo izquierdo en modo M en función del sexo.

		Media	DE	Min	Max
SIV (mm)	HOMBRE	9,0	1,2	5,3	14,2
	MUJER	7,6	1,0	4,2	11,6
SIV/SC (mm/m²)	HOMBRE	4,7	,6	2,5	7,9
	MUJER	4,6	,6	2,6	6,9
Dd (mm)	HOMBRE	54,5	4,7	34,1	76,0
	MUJER	48,8	4,1	35,9	62,7
Dd/SC (mm/m²)	HOMBRE	28,4	2,8	19,0	42,6
	MUJER	29,7	2,8	21,5	39,1
Pp (mm)	HOMBRE	8,8	1,1	5,3	12,7
	MUJER	7,4	1,0	4,3	11,0
Pp/SC (mm/m²)	HOMBRE	4,6	,6	2,5	7,5
	MUJER	4,5	,6	2,7	7,3
VTD-VI (ml)	HOMBRE	145,7	28,6	47,9	306,5
	MUJER	112,6	21,9	54,2	199,2
VTD-VI/SC (ml/m²)	HOMBRE	75,6	12,9	41,3	134,0
	MUJER	68,2	10,8	34,3	120,1
Masa-VI (g)	HOMBRE	183,2	44,6	55,5	390,5
	MUJER	122,0	30,4	46,1	260,5
Masa-VI/SC (g/m²)	HOMBRE	94,6	19,6	43,7	186,6
	MUJER	73,5	14,4	29,0	129,8
FEVI (%)	HOMBRE	60,3	6,9	36,0	86,0
	MUJER	61,0	6,8	36,0	84,0

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. SIV= Septo interventricular. SIV/SC= Septo interventricular por superficie corporal. Dd= Dimensión diastólica. Dd/SC= Dimensión diastólica por superficie corporal. Pp= Pared posterior. Pp/SC= Pared posterior por superficie corporal. VTD-VI= Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo. VTD-VI/SC= Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo por superficie corporal. Masa-VI= Masa del ventrículo izquierdo. Masa-VI/SC= Masa del ventrículo izquierdo por superficie corporal. FEVI= Fracción de eyección del ventrículo izquierdo en porcentaje.

Como se puede observar los valores absolutos medios de todas las variables se encuentran dentro del rango de la normalidad pero los valores extremos son muy anormales debido a las propias características de la muestra estudiada. Es de reseñar que la dimensión diastólica máxima fue de 62,7 y 76 mm en una atleta de fondo y en jugador de voleibol. Debido a la gran diversidad de los tamaños corporales es necesario indexar estos valores por la SC para poder comparar no solo deportistas de distintas disciplinas si no también dentro del mismo deporte. Es de interés recordar aquí que la presente muestra esta compuesta por deportistas que no han presentado fallecimiento ni problemas cardiovasculares durante su permanencia en la alta competición. En este sentido aproximadamente un 75 % han completado su permanencia en la alta competición en el momento actual mientras un 25% siguen en activo.

Tabla 12. Percentiles de las dimensiones del ventrículo izquierdo en modo M en función del sexo.

		P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	HOMBRE	7,2	8,2	9,0	9,8	11,2
	MUJER	6,1	6,9	7,5	8,3	9,4
SIV/SC (mm/m²)	HOMBRE	3,8	4,3	4,7	5,1	5,8
	MUJER	3,7	4,2	4,6	5,0	5,6
Dd (mm)	HOMBRE	46,7	51,5	54,5	57,7	62,0
	MUJER	42,2	45,9	48,6	51,4	55,9
Dd/SC (mm/m²)	HOMBRE	23,9	26,5	28,4	30,3	33,1
	MUJER	25,5	27,9	29,6	31,3	34,8
Pp (mm)	HOMBRE	6,9	7,9	8,7	9,5	10,6
	MUJER	6,0	6,8	7,4	8,1	9,3
Pp/SC (mm/m²)	HOMBRE	3,7	4,2	4,5	4,9	5,6
	MUJER	3,6	4,1	4,5	4,9	5,6
VTD-VI (ml)	HOMBRE	101,2	126,6	144,7	164,4	193,9
	MUJER	79,5	97,1	110,5	126,2	152,8
VTS-VI/SC (ml/m²)	HOMBRE	56,1	66,6	74,8	83,3	98,3
	MUJER	52,1	60,4	67,3	75,1	86,7
Masa-VI (g)	HOMBRE	116,3	152,1	180,1	209,8	261,7
	MUJER	79,3	100,0	118,2	140,1	177,0
Masa-VI/SC (g/m²)	HOMBRE	65,2	81,0	92,9	106,5	128,8
	MUJER	52,5	63,5	71,4	82,1	100,5
FEVI (%)	HOMBRE	49,0	56,0	60,0	65,0	72,0
	MUJER	50,0	57,0	61,0	66,0	72,0

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

SIV= Septo interventricular. SIV/SC= Septo interventricular por superficie corporal. Dd= Dimensión diastólica. Dd/Sc= Dimensión diastólica por superficie corporal. Pp= Pared posterior. Pp/SC= Pared posterior por superficie corporal. VTD-VI= Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo VTS/SC= Volumen telediastólico del ventrículo izquierdo por superficie corporal. Masa-VI= Masa del ventrículo izquierdo. Masa-VI/SC= Masa del ventrículo izquierdo por superficie corporal. FEVI= Fracción de eyección del ventrículo izquierdo en porcentaje.

En las tablas 13 y 14 se describen las dimensiones auriculares, medidas realizadas en modo M y 2 D por sexo en valores absolutos y corregidas por la SC.

Tabla 13. Dimensiones auriculares en modo M y 2D en función del sexo.

		Media	DE	Min	Max
AI-ap (mm)	HOMBRE	35,2	4,9	16,1	52,5
	MUJER	31,7	4,4	16,4	44,3
AI-ap/SC (mm/m²)	HOMBRE	18,4	2,6	8,3	28,0
	MUJER	19,3	2,7	10,7	29,1
AI-si (mm)	HOMBRE	51,8	6,1	27,6	78,6
	MUJER	47,5	5,6	29,1	63,7
AI-si/SC (mm/m²)	HOMBRE	27,0	3,4	15,6	39,4
	MUJER	28,9	3,5	19,0	40,1
AD-si (mm)	HOMBRE	53,3	5,9	33,2	78,8
	MUJER	48,4	5,4	29,5	68,7
AD-si/SC (mm/m²)	HOMBRE	27,8	3,2	16,7	41,0
	MUJER	29,5	3,3	19,9	42,1

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo.

AI-ap= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M. AI-ap/SC= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M por superficie corporal. AI-si= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D. AI-si/SC= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D por superficie corporal. AD-si= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D. AD-si/SC= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D por superficie corporal.

Tabla 14. Percentiles de las dimensiones auriculares en modo M y 2D en función del sexo.

		P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	HOMBRE	27,0	32,1	35,3	38,6	43,1
	MUJER	24,5	28,8	31,6	34,6	39,1
AI-ap/SC (mm/m²)	HOMBRE	14,2	16,7	18,3	20,1	22,8
	MUJER	15,1	17,5	19,2	21,0	24,2
AI-si (mm)	HOMBRE	41,8	47,7	52,0	56,0	61,7
	MUJER	37,9	43,6	47,6	51,4	56,4
AI-si/SC (mm/m²)	HOMBRE	21,7	24,7	27,0	29,2	32,7
	MUJER	23,2	26,6	28,9	31,3	34,9
AD-si (mm)	HOMBRE	43,8	49,4	53,3	57,1	63,0
	MUJER	40,3	44,7	48,3	52,1	57,5
AD-si/SC (mm/m²)	HOMBRE	22,9	25,6	27,7	29,9	33,5
	MUJER	24,6	27,3	29,3	31,5	35,2

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

AI-ap= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M. AI-ap/SC= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M por superficie corporal. AI-si= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D. AI-si/SC= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D por superficie corporal. AD-si= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D. AD-si/SC= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D por superficie corporal.

Las mismas consideraciones hechas para el ventrículo izquierdo son aplicables a la aurículas, los valores medios están dentro del rango de la normalidad sin embargo los extremos reflejan una clara dilatación de las mismas. Se puede observar que el P95 se encuentra dentro de la dilatación ligera de la población general.

La sobrecarga de volumen producida por el entrenamiento se acompaña de una dilatación de los anillos aurículo ventriculares, especialmente del anillo tricúspide, de ahí que casi un tercio de los deportistas presentan insuficiencia de grado ligero y uno de cada cuatro insuficiencia pulmonar. Ambas son atribuidas al aumento del retorno venoso.

En la tabla 15 se presenta la distribución de la severidad las insuficiencias valvulares en función del sexo.

Tabla 15. Insuficiencias valvulares por sexo en valores absolutos y porcentajes.

		MINIMA		LIGERA		LIGERA-MODERADA		MODERADA		TOTAL	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
MITRAL	H	784	28,6	499	18,2	11	0,4	-	-	1294	47,2
	M	506	33,2	245	16,1	2	0,1	-	-	753	49,4
TRICÚSPIDE	H	1436	52,4	853	31,1	28	1,0	29	1,1	2346	85,5
	M	873	57,2	398	26,1	16	1,0	8	0,5	1295	84,9
AORTICA	H	64	2,3	43	1,6	6	0,2	-	-	113	4,1
	M	28	1,8	22	1,4	1	0,1	-	-	51	3,3
PULMONAR	H	1225	44,7	664	24,2	42	1,5	31	1,1	1962	72,7
	M	765	50,2	273	17,9	15	1,0	11	0,7	1064	69,8

El consumo de oxígeno muestra como cabría esperar valores medios elevados, de $48,5 \pm 7,5$ ml/Kg/min en las mujeres y $57,3 \pm 8,7$ ml/Kg/min en los hombres con valores extremos de 77,3 y 88,3 ml/Kg/min. En las tablas 16 y 17 se describen las onda E y A del patrón de llenado mitral, el gasto cardiaco y el consumo máximo de oxígeno.

Tabla 16. Velocidades de la ondas de llenado mitral y gasto cardiaco por doppler pulsado calculado a nivel del tronco de la arteria pulmonar en función del sexo.

		Media	DE	Min	Max
Onda E(cm/s)	HOMBRE	87,2	14,5	36,0	141,0
	MUJER	92,4	13,8	32,4	145,0
Onda A (cm/s)	HOMBRE	44,9	12,3	16,0	192,0
	MUJER	43,4	10,8	10,0	178,0
Gasto cardiaco (L/min)	HOMBRE	8,0	1,9	3,6	14,7
	MUJER	6,8	1,6	2,9	12,8
VO ₂ Max (ml/kg/min)	HOMBRE	57,3	8,7	19,1	88,3
	MUJER	48,5	7,5	22,5	77,3

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. VO₂ Max = Consumo máximo de oxígeno.

Tabla 17. Percentiles de las velocidades de la ondas de llenado mitral y gasto cardiaco por doppler pulsado calculado a nivel del tronco de la arteria pulmonar y consumo de oxígeno máximo en función del sexo.

		P5	P25	P50	P75	P95
Onda E(cm/s)	HOMBRE	64,0	77,4	87,5	97,0	111,0
	MUJER	69,9	83,4	92,3	101,0	116,0
Onda A (cm/s)	HOMBRE	27,0	37,0	44,1	52,0	62,4
	MUJER	27,0	36,0	43,0	49,5	61,6
Gasto cardiaco (L/min)	HOMBRE	5,4	6,6	7,7	9,1	11,6
	MUJER	4,7	5,6	6,6	7,7	9,7
VO₂ Max (ml/kg/min)	HOMBRE	43,4	51,8	56,8	62,6	72,2
	MUJER	36,1	43,6	48,4	53,1	61,3

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95. VO₂ Max = Consumo máximo de oxígeno.

Finalmente los valores medios absolutos de las medidas de la aorta, tanto en modo M como 2D se encuentran dentro del rango de la normalidad. Sin embargo, los valores extremos de nuevo se encontrarían dentro de rangos patológicos si se tratara de práctica habitual, especialmente en el caso de los hombres: aorta en modo M 48,2 mm, plano valvular 42,6 mm, senos de Valsalva 47,2 mm, anillo supra-aórtico 45,1 mm y aorta ascendente 48 mm. Las mujeres también muestran cifras elevadas aunque aparentemente menos llamativas: aorta en modo M 37,4 mm, plano valvular 32,9 mm, senos de Valsalva 39,1 mm, anillo supra-aórtico 32,8 mm y aorta ascendente 36,5 mm. Sin embargo, cuando se valoran los percentiles los valores del p95 se encuentran dentro de la normalidad.

En las tablas 18 y 19 se muestran los análisis descriptivos de las medidas de la aorta en modo M y 2D.

Tabla 18. Dimensiones de la raíz de la aorta en modo M y 2D en función del sexo.

		Media	DE	Min	Max
Aorta modo M (mm)	Hombres	29,8	3,4	18,8	48,2
	Mujeres	25,5	2,6	17,8	37,4
Plano valvular (mm)	Hombres	24,9	3,3	14,5	42,6
	Mujeres	21,3	2,7	13,3	32,9
Senos de Valsalva (mm)	Hombres	31,0	3,7	19,3	47,2
	Mujeres	26,7	3,0	18,4	39,1
Anillo supra-aórtico (mm)	Hombres	25,8	3,5	15,1	45,1
	Mujeres	22,6	2,8	14,1	32,8
Aorta ascendente proximal (mm)	Hombres	26,2	3,8	14,7	48,0
	Mujeres	23,1	3,2	13,6	36,5

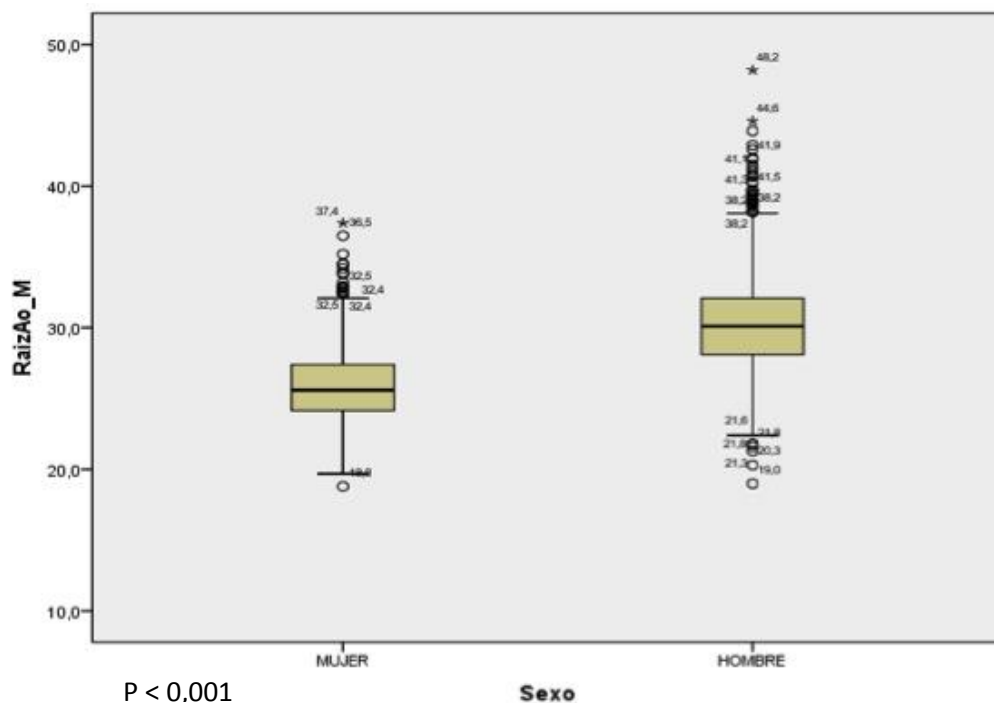
N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo.

Tabla 19. Percentiles de las dimensiones de la raíz de aorta en modo M y 2D en función del sexo.

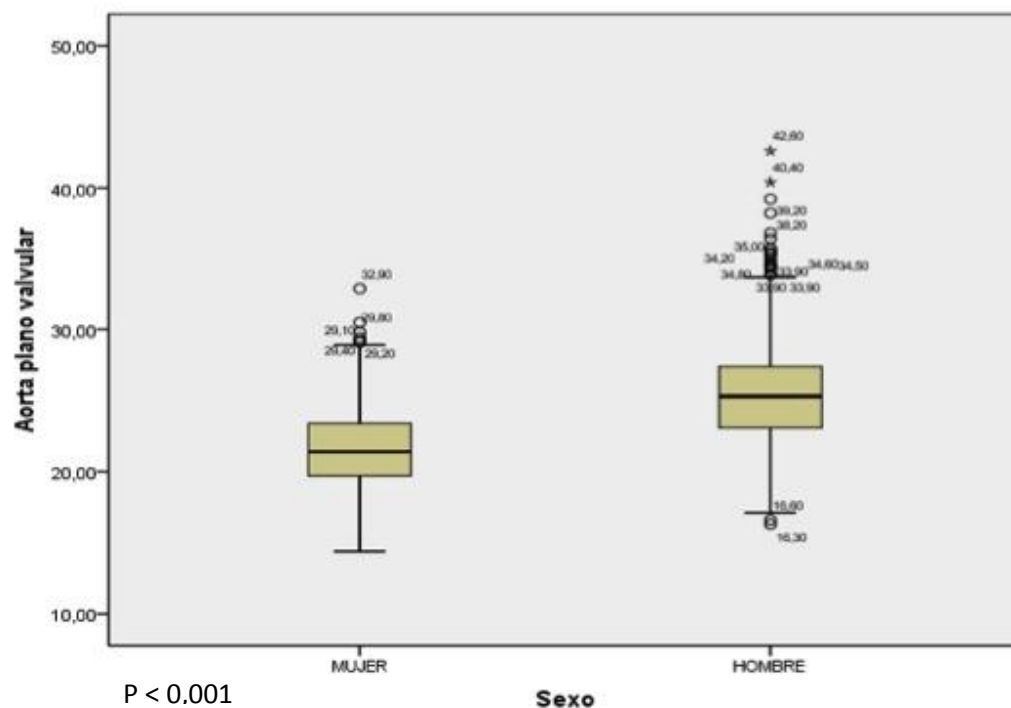
		P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	Hombres	24,6	27,4	29,6	31,7	35,7
	Mujeres	21,5	23,7	25,2	27,1	30,1
Plano valvular (mm)	Hombres	19,7	22,6	24,9	27,0	30,6
	Mujeres	17,1	19,3	21,2	23,1	26,0
Senos de Valsalva (mm)	Hombres	25,2	28,5	30,8	33,2	37,3
	Mujeres	22,1	24,5	26,6	28,6	31,7
Anillo supra-aórtico (mm)	Hombres	20,2	23,4	25,7	28,0	31,5
	Mujeres	18,0	20,7	22,5	24,5	27,3
Aorta ascendente proximal (mm)	Hombres	20,1	23,6	26,0	28,5	32,5
	Mujeres	18,0	20,9	23,1	25,3	28,3

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

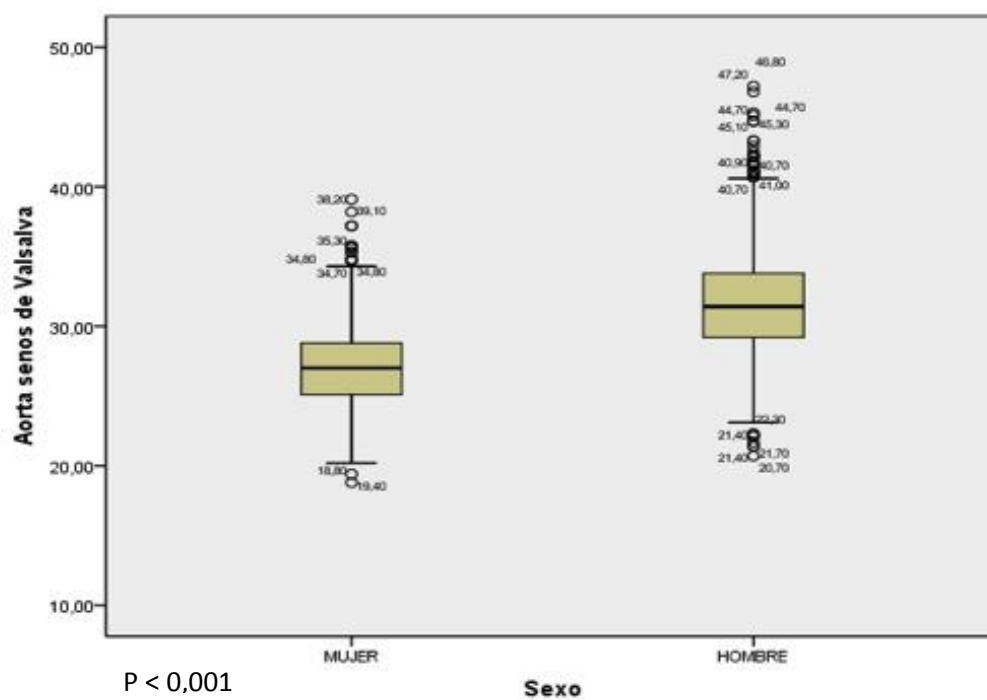
En las figuras 12a, 12b, 12c, 12d y 12e se presentan los diagramas de caja y bigotes para las cinco medidas de la aorta en función del sexo en las que se puede observar como se comportan.



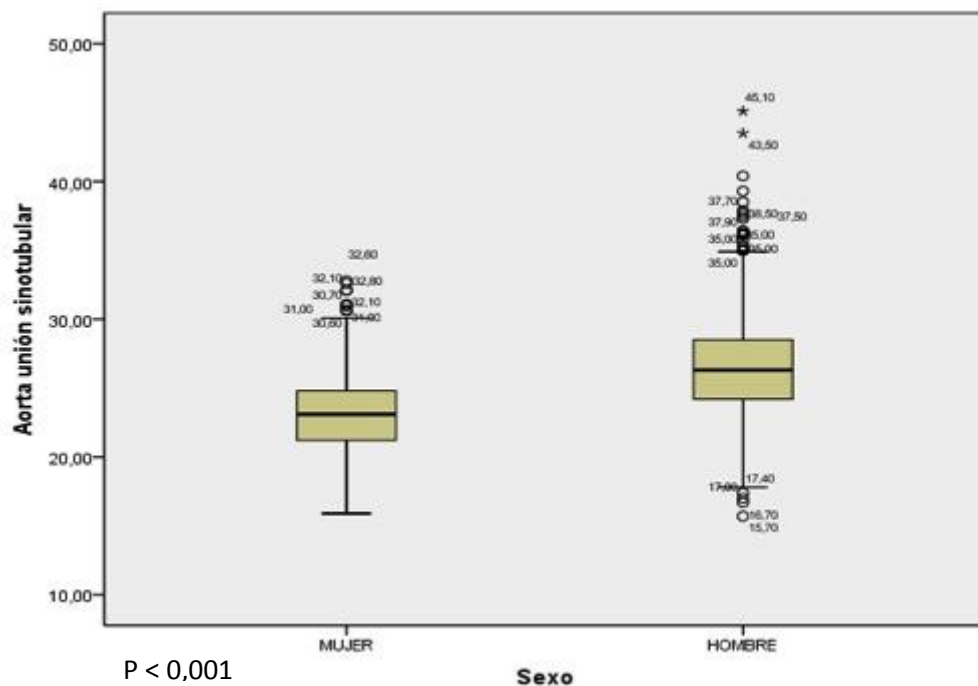
Figuras 12 a. Diagrama de cajas para la aorta en modo M por sexos.



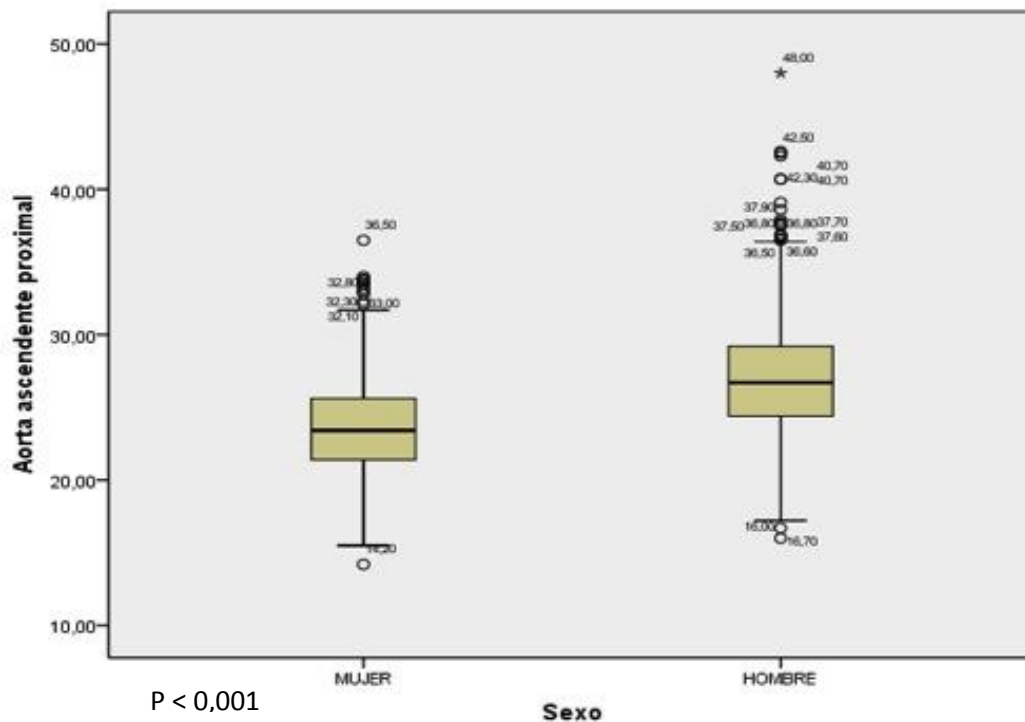
Figuras 12 b. Diagrama de cajas para la aorta a nivel del plano valvular por sexos.



Figuras 12 c. Diagrama de cajas para la aorta a nivel de los senos de Valsalva por sexos.



Figuras 12 d. Diagrama de cajas para la aorta a nivel del anillo supra-aórtico por sexos.



Figuras 12 e. Diagrama de cajas para la aorta a nivel de la aorta ascendente proximal por sexos.

Estos diagramas nos permiten ver que la distribución de todas las medidas de la aorta, tanto en modo M como 2D, es simétrica y con un rango intercuartílico corto, como se puede observar en la tabla de los percentiles. Además son muy escasos los valores atípicos por abajo y siendo algo más frecuente en el extremo superior, especialmente en las mujeres.

Cuando se corrigen los valores por la SC la media de las 5 medidas están en el rango normal pero los máximos siguen siendo anormales por los casos atípicos. Sin embargo si observamos de nuevo los percentiles el rango intercuartílico sigue siendo muy estrecho.

En las tablas 20 y 21 se muestran los análisis descriptivos de las medidas de la aorta en modo M y 2D corregidas por la superficie corporal.

Tabla 20. Dimensiones de la raíz de la aorta en modo M y 2D en función del sexo indexadas por la superficie corporal.

		Media	DE	Min	Max
Aorta modo M/SC (mm/m ²)	Hombres	15,5	1,7	9,7	23,7
	Mujeres	15,5	1,6	10,8	22,4
Plano valvular/SC (mm/m ²)	Hombres	13,0	1,7	8,4	20,4
	Mujeres	13,0	1,7	8,7	21,9
Senos de Valsalva/SC (mm/m ²)	Hombres	16,2	1,9	10,3	24,8
	Mujeres	16,3	1,9	10,2	25,8
Anillo supra-aórtico/SC (mm/m ²)	Hombres	13,5	1,8	8,3	22,8
	Mujeres	13,8	1,7	8,8	23,1
Aorta ascendente proximal/SC (mm/m ²)	Hombres	13,7	1,9	7,9	24,5
	Mujeres	14,1	2,0	8,6	23,1

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo.

Tabla 21. Percentiles de las dimensiones de la raíz de la aorta en modo M y 2D en función del sexo indexadas por la superficie corporal.

		P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M/SC (mm/m ²)	Hombres	12,9	14,3	15,4	16,5	18,6
	Mujeres	13,1	14,4	15,4	16,5	18,3
Plano valvular/SC (mm/m ²)	Hombres	10,3	11,8	12,9	14,1	16,0
	Mujeres	10,4	11,8	12,9	14,1	16,0
Senos de Valsalva/SC (mm/m ²)	Hombres	13,1	14,8	16,0	17,3	19,7
	Mujeres	13,4	15,0	16,2	17,5	19,5
Anillo supra-aórtico/SC (mm/m ²)	Hombres	10,6	12,2	13,4	14,6	16,5
	Mujeres	11,1	12,5	13,8	14,8	16,7
Aorta ascendente proximal/SC (mm/m ²)	Hombres	10,6	12,3	13,6	14,8	17,0
	Mujeres	11,0	12,7	14,0	15,3	17,5

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

5.2 Características generales de la muestra en función del componente dinámico por sexo

En este apartado se valora la influencia del componente dinámico de los deportes en las dimensiones del ventrículo izquierdo, las aurículas y en la aorta.

Las tablas 22 y 23 muestran las características generales de la muestra en función del sexo y el componente dinámico.

TABLA 22. Características de la muestra según componente dinámico HOMBRES										
A	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Edad (años)	631	21,2	6,7	12,0	59,0	15,0	17,0	19,0	23,0	35,0
Peso (Kg)	631	75,3	16,1	35,0	142,3	55,3	64,4	72,7	82,1	106,7
Talla (cm)	631	175,0	8,6	143,5	202,9	160,7	169,5	174,9	181,2	188,6
SC (m ²)	631	1,90	0,22	1,23	2,78	1,59	1,76	1,88	2,02	2,29
Años entrenamiento	607	8,6	5,1	1,0	28,0	2,0	5,0	8,0	12,0	18,0
Horas entrenamiento	545	18,9	10,0	2,0	56,0	5,0	10,0	18,0	24,0	36,0
PAS (mm Hg)	631	121,7	10,0	90,0	140,0	105,0	115,0	120,0	130,0	140,0
PAD (mm Hg)	631	65,8	8,1	40,0	90,0	53,0	60,0	65,0	70,0	80,0
B	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Edad (años)	512	22,6	6,1	13,0	67,0	16,0	18,0	21,0	26,0	32,0
Peso (Kg)	512	76,7	11,8	37,9	120,1	60,2	69,2	74,7	83,8	99,6
Talla (cm)	512	179,8	8,0	147,8	205,9	167,3	174,3	179,3	185,7	193,5
SC (m ²)	512	1,96	0,17	1,26	2,49	1,69	1,84	1,94	2,06	2,25
Años entrenamiento	493	8,7	5,3	1,0	42,0	2,0	5,0	8,0	11,0	18,6
Horas entrenamiento	451	17,0	7,1	2,0	40,0	6,0	12,0	18,0	22,0	30,0
PAS (mm Hg)	512	122,2	9,8	90,0	140,0	105,0	115,0	120,0	130,0	140,0
PAD (mm Hg)	512	66,2	7,3	45,0	85,0	55,0	60,0	65,0	70,0	80,0
C	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Edad (años)	1599	22,5	6,0	11,0	50,0	15,0	18,0	21,0	27,0	33,0
Peso (Kg)	1599	73,9	13,6	30,6	136,2	55,6	65,1	72,1	81,0	100,1
Talla (cm)	1599	180,8	10,7	141,5	222,2	166,2	174,0	179,6	186,0	201,6
SC (m ²)	1599	1,93	0,22	1,12	2,92	1,63	1,79	1,90	2,05	2,36
Años entrenamiento	1505	8,6	4,9	1,0	30,0	2,0	5,0	8,0	12,0	18,0
Horas entrenamiento	1341	19,5	8,7	2,0	62,0	6,0	12,0	20,0	24,0	35,0
PAS (mm Hg)	1599	120,8	9,9	90,0	140,0	105,0	110,0	120,0	130,0	135,0
PAD (mm Hg)	1599	66,3	7,5	45,0	90,0	55,0	60,0	65,0	70,0	80,0

TABLA 23. Características de la muestra según componente dinámico MUJERES										
A	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	95
Edad (años)	517	18,3	4,5	11,0	43,0	13,0	15,0	17,0	20,0	27,1
Peso (Kg)	517	56,3	14,3	30,2	130,3	36,2	46,9	55,0	63,1	83,4
Talla (cm)	517	162,2	8,1	137,8	187,2	147,7	157,2	162,1	168,2	174,8
SC (m ²)	517	1,59	0,21	1,09	2,36	1,26	1,45	1,58	1,71	1,97
Años entrenamiento	501	7,6	4,1	1,0	21,0	1,0	5,0	7,0	10,0	14,9
Horas entrenamiento	464	23,0	13,3	2,0	60,0	6,0	12,0	20,0	30,0	48,0
PAS (mm Hg)	517	110,7	10,0	85,0	140,0	95,0	105,0	110,0	120,0	130,0
PAD (mm Hg)	517	62,2	7,3	40,0	85,0	50,0	60,0	60,0	69,0	75,0
B	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	95
Edad (años)	299	21,8	4,9	13,0	39,0	15,0	18,0	21,0	25,0	31,0
Peso (Kg)	299	61,1	8,2	39,0	96,4	49,1	55,3	60,3	65,6	74,7
Talla (cm)	299	167,7	7,9	147,6	192,3	156,3	162,7	166,7	171,7	182,8
SC (m ²)	299	1,69	0,14	1,30	2,12	1,46	1,60	1,68	1,77	1,94
Años entrenamiento	285	7,2	4,4	1,0	23,0	1,0	4,0	6,0	10,0	17,0
Horas entrenamiento	255	17,6	7,4	2,0	49,0	6,0	12,0	18,0	21,0	30,0
PAS (mm Hg)	299	113,0	10,2	85,0	140,0	95,0	105,0	110,0	120,0	130,0
PAD (mm Hg)	299	63,2	7,3	45,0	80,0	50,0	60,0	60,0	70,0	75,0
C	N	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	95
Edad (años)	709	21,1	5,8	11,0	41,0	14,0	17,0	20,0	25,0	32,5
Peso (Kg)	709	60,1	9,4	32,0	94,7	46,8	53,7	59,3	64,5	77,8
Talla (cm)	709	168,5	8,2	140,2	196,7	156,7	163,0	167,6	172,5	184,7
SC (m ²)	709	1,68	0,16	1,13	2,26	1,46	1,57	1,67	1,76	1,99
Años entrenamiento	680	8,0	4,4	1,0	28,0	2,0	5,0	7,0	11,0	16,0
Horas entrenamiento	635	17,9	8,8	2,0	55,0	6,0	10,0	18,0	24,0	30,6
PAS (mm Hg)	709	112,7	9,5	85,0	140,0	100,0	105,0	110,0	120,0	130,0
PAD (mm Hg)	709	62,6	7,1	40,0	85,0	50,0	60,0	60,0	70,0	75,0

Componente dinámico: A: Bajo; B: Moderado; C: Alto. SC: Superficie corporal; PAS: Presión arterial sistólica; PAD: Presión arterial diastólica; N: Número de deportistas; DE: Desviación estándar; Min: Mínimo; Max: Máximo; P: Percentil

Las tablas 24 y 25 muestran las dimensiones del VI en valores absolutos y corregidos por la SC en función del componente dinámico hombres y mujeres.

Tabla 24. Dimensiones del ventrículo izquierdo en modo M en función del sexo y componente dinámico. HOMBRES									
A N=631	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	8,6	1,1	5,8	12,6	6,9	7,9	8,7	9,4	10,4
SIV/SC (mm/m ²)	4,6	0,6	3,1	6,5	3,7	4,2	4,6	4,9	5,5
Dd (mm)	52,6	4,6	40,6	65,3	44,8	49,4	52,6	55,9	60,3
DD/SC	27,9	2,6	20,1	35,7	23,5	26,2	27,9	29,6	32,2
Pp (mm)	8,4	1,0	5,8	12,3	6,8	7,6	8,3	9,0	10,1
PP/SC (mm/m ²)	4,5	0,5	3,0	6,4	3,7	4,1	4,4	4,8	5,4
VTD (ml)	134,5	27,0	72,5	218,3	91,4	115,0	132,9	153,1	182,3
VTD/SC (ml/m ²)	70,8	11,5	42,8	103,3	53,0	62,6	70,6	78,3	89,7
MASA VI (g)	163,3	40,0	73,0	314,7	104,4	135,3	160,2	186,6	235,7
Masa VI/SC (g/m ²)	85,4	15,9	43,7	136,9	60,2	73,8	84,5	96,6	111,7
FEVI	60,2	6,8	37,0	86,0	49,0	55,0	60,0	65,0	71,0
B N=512	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	8,8	1,1	6,1	13,1	7,2	8,0	8,7	9,4	10,6
SIV/SC (mm/m ²)	4,5	0,5	3,2	7,3	3,7	4,1	4,5	4,8	5,4
Dd (mm)	53,9	4,1	43,0	76,0	47,2	51,2	53,9	56,3	60,8
DD/SC	27,7	2,1	21,8	37,5	24,3	26,2	27,5	29,0	31,1
Pp (mm)	8,6	1,0	5,8	12,0	7,1	7,9	8,6	9,2	10,3
PP/SC (mm/m ²)	4,4	0,5	3,1	6,4	3,6	4,1	4,4	4,7	5,3
VTD (ml)	141,8	25,3	83,0	306,5	103,6	125,0	141,0	155,6	185,5
VTD/SC (ml/m ²)	72,4	10,4	44,6	132,7	56,2	65,0	72,1	79,8	88,3
MASA VI (g)	173,9	37,6	82,2	352,5	117,5	148,1	170,5	195,8	240,4
Masa VI/SC (g/m ²)	88,5	15,1	54,8	152,6	64,0	78,3	87,9	97,7	114,8
FEVI	60,6	7,2	36,0	84,0	49,0	56,0	61,0	65,0	72,4
C N=1599	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	9,3	1,3	5,3	14,2	7,2	8,3	9,3	10,0	11,4
SIV/SC (mm/m ²)	4,8	0,7	2,5	7,9	3,8	4,3	4,8	5,3	6,0
Dd (mm)	55,4	4,6	34,1	73,9	47,8	52,3	55,5	58,4	63,1
DD/SC	28,9	3,0	19,0	42,6	23,9	26,9	28,9	30,8	33,7
Pp (mm)	9,0	1,1	5,3	12,7	7,2	8,3	9,0	9,7	10,8
PP/SC (mm/m ²)	4,7	0,6	2,5	7,5	3,7	4,2	4,7	5,1	5,8
VTD (ml)	151,4	28,6	47,9	288,9	106,6	131,5	150,4	169,5	201,5
VTD/SC (ml/m ²)	78,5	13,4	41,3	134,0	58,6	68,9	77,7	87,0	102,2
MASA VI (g)	194,0	45,0	55,5	390,5	123,6	164,9	191,0	221,7	271,2
Masa VI/SC (g/m ²)	100,2	20,2	44,5	186,7	68,9	86,4	99,0	112,1	134,3
FEVI	60,3	6,9	38,0	86,0	49,0	56,0	60,0	65,0	72,0

SIV=Septo interventricular. SIV/SC=Septo interventricular por SC. Dd=Dimensión diastólica. Dd/SC=Dimensión diastólica por SC. Pp=Pared posterior. Pp/SC=Pared posterior por SC. VTD=VI=Volumen telediastólico del VI. VTS/SC=Volumen telediastólico del VI por SC. Masa-VI=Masa del VI. Masa-VI/SC=Masa del VI por SC. FEVI= Fracción de eyección del VI en porcentaje.

Tabla 25 Dimensiones del ventrículo izquierdo en modo M en función del sexo y componente dinámico. MUJERES

A N=517	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	7,2	0,9	4,2	10,8	5,8	6,5	7,2	7,8	8,9
SIV/SC (mm/m ²)	4,6	0,6	2,6	6,7	3,7	4,1	4,5	4,9	5,6
Dd (mm)	47,0	4,0	35,9	58,9	40,8	44,3	46,7	49,4	54,2
DD/SC	29,9	3,1	21,5	39,1	25,4	27,9	29,7	31,6	35,9
Pp (mm)	7,1	0,9	4,3	10,6	5,8	6,4	7,1	7,6	8,7
PP/SC (mm/m ²)	4,5	0,6	2,7	6,6	3,6	4,1	4,5	4,8	5,6
VTD (ml)	103,6	20,5	54,2	172,8	73,3	88,9	100,6	115,1	142,5
VTD/SC (ml/m ²)	65,3	10,0	34,3	97,4	49,5	58,6	64,7	71,4	82,3
MASA VI (g)	107,2	26,8	46,1	207,9	72,8	87,7	102,7	121,3	158,7
Masa VI/SC (g/m ²)	67,2	11,8	29,0	114,5	48,7	59,0	66,8	74,5	88,5
FEVI	60,9	6,7	36,0	82,0	50,0	56,0	61,0	66,0	72,0
B N=299	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	7,5	0,9	5,2	10,0	6,2	6,9	7,4	8,2	9,2
SIV/SC (mm/m ²)	4,5	0,5	2,9	6,1	3,7	4,1	4,4	4,8	5,4
Dd (mm)	48,8	3,6	40,6	62,0	43,1	46,3	48,5	51,3	55,5
DD/SC	29,0	2,2	23,9	36,4	25,3	27,6	28,9	30,5	32,8
Pp (mm)	7,5	0,9	4,9	10,4	6,1	6,9	7,4	8,0	9,0
PP/SC (mm/m ²)	4,4	0,5	2,8	5,9	3,6	4,1	4,4	4,7	5,3
VTD (ml)	112,8	19,7	72,4	194,3	83,3	98,7	109,9	125,8	150,2
VTD/SC (ml/m ²)	66,7	9,7	42,6	98,1	51,8	59,6	65,5	74,0	83,9
MASA VI (g)	121,4	25,6	69,8	223,9	85,7	103,7	115,9	136,7	169,0
Masa VI/SC (g/m ²)	71,6	12,1	43,4	108,1	53,3	63,6	70,0	79,6	94,0
FEVI	60,9	6,3	45,0	78,0	49,0	57,0	61,0	66,0	71,0
C N=709	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
SIV (mm)	7,9	1,0	5,3	11,6	6,3	7,2	7,8	8,5	9,7
SIV/SC (mm/m ²)	4,7	0,6	3,1	6,9	3,8	4,3	4,7	5,1	5,8
Dd (mm)	50,0	3,8	39,8	62,7	44,1	47,3	49,9	52,5	56,8
DD/SC	29,9	2,7	23,3	38,8	25,7	28,1	29,8	31,5	34,6
Pp (mm)	7,7	1,0	5,2	11,0	6,2	7,0	7,6	8,3	9,6
PP/SC (mm/m ²)	4,6	0,6	3,1	7,3	3,7	4,2	4,5	5,0	5,6
VTD (ml)	119,2	21,4	69,1	199,3	87,9	103,8	117,9	132,1	158,6
VTD/SC (ml/m ²)	70,9	11,2	46,1	120,1	54,3	63,2	69,6	77,7	90,5
MASA VI (g)	133,1	30,1	59,2	260,5	91,1	111,9	129,1	152,3	184,4
Masa VI/SC (g/m ²)	78,9	15,0	44,5	129,8	57,1	68,0	77,1	88,7	106,3
FEVI	61,1	7,0	38,0	84,0	49,0	57,0	62,0	66,0	72,0

SIV=Septo interventricular. SIV/SC=Septo interventricular por SC. Dd=Dimensión diastólica. Dd/SC=Dimensión diastólica por SC. Pp=Pared posterior. Pp/SC=Pared posterior por SC. VTD-VI=Volumen telediastólico del VI. VTS/SC=Volumen telediastólico del VI por SC. Masa-VI=Masa del VI. Masa-VI/SC=Masa del VI por SC. FEVI= Fracción de eyección del VI en porcentaje.

En las tablas 26 y 27 se muestran las dimensiones auriculares en función del componente dinámico.

Tabla 26 Dimensiones auriculares en función del sexo y componente dinámico. HOMBRES									
A N=631	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	34,2	5,0	20,0	49,4	25,7	30,9	34,3	37,3	42,2
AI-ap/SC (mm/m²)	18,1	2,4	10,9	25,6	14,1	16,5	18,1	19,7	21,8
AI-si (mm)	50,0	6,3	31,4	69,2	39,6	45,6	49,8	54,4	60,6
AI-si/SC (mm/m²)	26,5	3,2	15,6	38,8	21,5	24,2	26,5	28,6	31,7
AD-si (mm)	51,0	5,7	34,5	71,0	41,5	47,2	50,8	54,8	60,7
AD-si/SC (mm/m²)	27,0	2,9	17,7	38,5	22,2	25,2	26,9	28,8	31,8
B N=512	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	34,8	4,7	20,1	48,7	26,9	31,9	34,7	37,9	42,9
AI-ap/SC (mm/m²)	17,9	2,3	8,8	24,8	14,0	16,5	17,8	19,3	21,7
AI-si (mm)	51,7	5,6	35,9	69,8	42,5	47,7	52,1	55,7	60,7
AI-si/SC (mm/m²)	26,5	3,0	19,0	37,9	21,8	24,4	26,6	28,4	31,6
AD-si (mm)	52,4	5,2	37,8	67,6	43,5	48,8	52,1	55,7	61,6
AD-si/SC (mm/m²)	26,9	2,6	20,4	38,1	22,9	25,2	26,8	28,4	31,2
C N=1599	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	35,8	4,9	16,1	52,5	27,8	32,8	35,9	39,0	43,5
AI-ap/SC (mm/m²)	18,7	2,8	8,3	28,0	14,3	16,8	18,6	20,5	23,4
AI-si (mm)	52,6	6,0	27,6	78,6	42,6	48,7	52,5	56,8	62,1
AI-si/SC (mm/m²)	27,4	3,6	15,7	39,4	21,8	25,0	27,5	29,8	33,3
AD-si (mm)	54,6	5,8	33,2	78,8	44,9	50,8	54,5	58,5	64,0
AD-si/SC (mm/m²)	28,4	3,3	16,7	41,0	23,2	26,2	28,3	30,7	34,2
AI-ap (mm)	35,8	4,9	16,1	52,5	27,8	32,8	35,9	39,0	43,5

AI-ap= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M. AI-ap/SC= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M por SC. AI-si= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D. AI-si/SC= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D por SC. AD-si= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D. AD-si/SC= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D por SC.

Tabla 27 Dimensiones auriculares en función del sexo y componente dinámico. MUJERES

A N=517	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	30,4	4,6	16,4	44,3	23,1	27,4	30,0	33,5	38,7
AI-ap/SC (mm/m²)	19,3	2,9	10,7	29,1	14,7	17,4	19,3	21,0	24,7
AI-si (mm)	45,5	5,5	31,8	63,5	36,4	41,7	45,8	49,0	54,8
AI-si/SC (mm/m²)	29,0	3,7	19,5	39,7	22,8	26,5	28,8	31,4	35,4
AD-si (mm)	46,3	5,1	29,5	63,5	38,3	42,7	46,1	49,4	55,1
AD-si/SC (mm/m²)	29,4	3,3	19,9	42,1	24,3	27,3	29,3	31,4	35,1
B N=299	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	31,7	3,8	21,9	43,5	25,2	29,2	31,5	34,1	38,4
AI-ap/SC (mm/m²)	18,9	2,4	12,5	25,7	15,2	17,1	18,7	20,4	23,0
AI-si (mm)	47,4	5,6	29,1	62,1	38,1	43,2	47,5	51,4	56,6
AI-si/SC (mm/m²)	28,1	3,3	19,0	36,9	22,8	26,0	28,2	30,4	33,5
AD-si (mm)	48,3	5,0	31,3	59,8	40,0	44,6	48,4	51,6	56,6
AD-si/SC (mm/m²)	28,6	2,7	20,5	35,8	24,5	26,6	28,6	30,5	33,1
C N=709	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
AI-ap (mm)	32,7	4,2	18,2	44,2	26,0	29,9	32,8	35,6	39,5
AI-ap/SC (mm/m²)	19,5	2,7	12,3	28,1	15,1	17,7	19,4	21,2	24,5
AI-si (mm)	49,0	5,3	31,8	63,7	40,0	45,4	48,9	52,8	57,2
AI-si/SC (mm/m²)	29,3	3,5	19,5	40,1	23,4	26,8	29,4	31,5	35,1
AD-si (mm)	50,0	5,2	36,1	68,7	42,1	46,5	49,9	53,4	58,9
AD-si/SC (mm/m²)	29,9	3,4	20,4	41,7	24,8	27,5	29,7	31,9	35,8
AI-ap (mm)	32,7	4,2	18,2	44,2	26,0	29,9	32,8	35,6	39,5

AI-ap= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M. AI-ap/SC= Dimensión aurícula izquierda antero-posterior en modo M por SC. AI-si= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D. AI-si/SC= Dimensión aurícula izquierda superoinferior en modo 2D por SC. AD-si= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D. AD-si/SC= Dimensión aurícula derecha superoinferior en modo 2D por SC.

En las tablas 28 y 29 se presentan las ondas de llenado mitral, el gasto cardiaco y el VO₂ max. en función del sexo y del componente dinámico.

Tabla 28. Velocidades de la ondas de llenado mitral y gasto cardiaco por doppler pulsado calculado a nivel del tronco de la arteria pulmonar y VO₂max en función del sexo y componente dinámico. HOMBRES

A N=631	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E (cm/s)	88,5	14,6	36,0	136,0	65,3	79,0	88,5	98,0	112,7
Onda A (cm/s)	45,3	10,9	10,0	89,0	28,2	37,6	45,0	51,8	64,0
Gasto cardiaco(L/min)	7,9	1,8	3,6	14,3	5,4	6,5	7,6	8,9	11,5
VO ₂ Max (ml/kg/min)	51,6	8,0	19,1	70,7	35,9	46,9	52,8	56,8	62,6
B N=512	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E (cm/s)	87,9	14,7	42,6	141,0	65,1	77,9	86,9	97,6	113,0
Onda A (cm/s)	44,3	10,5	21,7	89,0	29,0	36,8	43,2	50,7	63,3
Gasto cardiaco(L/min)	7,8	1,8	3,9	13,7	5,2	6,3	7,5	8,8	11,0
VO ₂ Max (ml/kg/min)	54,0	5,8	35,9	74,2	43,8	50,5	53,9	57,7	63,3
C N=1599	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E (cm/s)	86,5	14,4	39,2	140,0	63,0	77,0	87,0	96,0	109,6
Onda A (cm/s)	42,3	10,8	16,0	178,0	26,0	35,2	41,6	48,0	60,2
Gasto cardiaco(L/min)	8,1	1,9	3,9	14,7	5,4	6,7	7,8	9,3	11,8
VO ₂ Max (ml/kg/min)	60,4	8,2	22,4	88,3	47,5	54,5	60,1	66,2	74,1

DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. VO₂ Max = Consumo máximo de oxígeno. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

Tabla 29. Velocidades de la ondas de llenado mitral y gasto cardiaco por doppler pulsado calculado a nivel del tronco de la arteria pulmonar y VO₂max en función del sexo y componente dinámico. MUJERES

A N=517	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E (cm/s)	92,7	14,0	39,3	139,0	69,2	84,0	92,5	101,0	117,3
Onda A (cm/s)	45,4	11,0	16,0	80,8	27,0	38,0	45,9	53,0	63,6
Gasto cardiaco(L/min)	6,6	1,5	2,9	12,5	4,5	5,5	6,4	7,6	9,3
VO ₂ Max (ml/kg/min)	45,5	7,1	22,5	62,6	33,3	41,2	45,9	50,5	57,1
B N=299	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E(cm/s)	92,8	12,5	50,1	128,0	72,0	84,0	92,0	102,0	114,0
Onda A (cm/s)	46,5	12,2	23,0	150,0	29,9	38,8	44,7	53,8	63,5
Gasto cardiaco(L/min)	6,9	1,5	3,5	11,6	4,9	5,7	6,7	7,8	9,7
VO ₂ Max (ml/kg/min)	46,0	6,2	25,1	60,1	34,9	42,2	46,2	50,4	56,3
C N=709	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Onda E(cm/s)	92,1	14,2	32,4	145,0	69,2	82,1	92,3	101,0	115,0
Onda A (cm/s)	43,9	13,1	18,5	192,0	25,6	36,7	43,0	50,0	61,9
Gasto cardiaco(L/min)	6,9	1,6	3,1	12,8	4,8	5,6	6,6	7,8	10,0
VO ₂ Max (ml/kg/min)	51,5	7,1	31,4	77,3	41,1	46,7	50,7	56,1	64,7

DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. VO₂ Max = Consumo máximo de oxígeno. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

En las tablas 30 y 31 se muestran las medidas de la aorta en valores absolutos y corregidas por la superficie corporal en función del sexo y del componente dinámico. Se presentan las medias, desviación estándar y los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95.

Tabla 30. Dimensiones de la raíz de la aorta en modo M y 2D en función del sexo y componente dinámico. HOMBRES

A N=631	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	28,9	3,2	20,3	41,3	24,0	26,6	28,6	30,7	34,6
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,3	1,7	10,8	20,8	12,7	14,1	15,2	16,3	18,2
P valvular (mm)	24,0	3,1	14,5	33,5	19,0	21,7	23,8	26,0	28,9
P valvular/SC (mm/m ²)	12,7	1,6	9,1	18,6	10,1	11,6	12,7	13,8	15,5
S Valsalva (mm)	30,0	3,5	19,3	41,6	24,3	27,7	29,7	32,4	36,3
S Valsalva /SC (mm/m ²)	15,9	1,9	10,9	21,6	12,9	14,6	15,8	17,1	19,3
A supra-aórtico (mm)	24,9	3,3	15,1	36,1	19,7	22,7	24,8	26,9	30,7
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	13,2	1,7	8,3	20,8	10,7	12,0	13,0	14,3	16,2
Ao ascen. PX (mm)	25,2	3,5	14,7	37,7	19,6	22,8	25,1	27,4	31,4
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	13,4	1,8	8,0	18,8	10,6	12,1	13,2	14,5	16,5
B N=512	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	29,5	3,2	19,0	43,9	24,5	27,4	29,4	31,4	35,3
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,1	1,6	11,0	22,8	12,7	14,0	15,1	16,0	18,1
P valvular (mm)	24,2	3,2	16,3	36,4	19,1	21,6	24,2	26,3	29,6
P valvular/SC (mm/m ²)	12,4	1,6	8,9	18,2	9,8	11,2	12,5	13,4	15,0
S Valsalva (mm)	30,5	3,7	20,7	47,2	24,7	28,1	30,4	32,8	36,8
S Valsalva /SC (mm/m ²)	15,7	1,8	11,1	22,2	12,9	14,5	15,6	16,7	18,7
A supra-aórtico (mm)	25,2	3,5	16,7	36,4	19,7	22,7	25,3	27,4	31,1
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	12,9	1,7	8,7	19,1	10,2	11,8	12,9	14,1	15,8
Ao ascen. PX (mm)	25,5	3,7	16,5	36,4	19,4	22,9	25,3	28,1	31,6
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	13,1	1,8	8,7	19,5	10,1	11,9	13,1	14,3	16,1
C N=1599	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	30,3	3,4	18,8	48,2	25,2	28,0	30,0	32,1	36,1
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,7	1,7	9,7	23,7	13,1	14,5	15,7	16,8	18,8
P valvular (mm)	25,6	3,3	16,0	42,6	20,3	23,1	25,4	27,8	31,1
P valvular/SC (mm/m ²)	13,3	1,8	8,4	20,4	10,7	12,1	13,2	14,4	16,4
S Valsalva (mm)	31,5	3,7	20,6	46,8	25,7	29,0	31,4	33,8	37,9
S Valsalva /SC (mm/m ²)	16,4	2,0	10,3	24,8	13,4	15,1	16,3	17,6	19,9
A supra-aórtico (mm)	26,3	3,5	15,3	45,1	20,6	24,0	26,3	28,5	32,0
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	13,7	1,8	8,7	22,8	10,9	12,4	13,6	14,9	16,8
Ao ascen. PX (mm)	26,7	3,8	15,1	48,0	20,7	24,2	26,7	29,2	33,2
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	13,9	2,0	7,9	24,5	10,8	12,6	13,9	15,1	17,4

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95.

Tabla 31. Dimensiones de la raíz de la aorta en modo M y 2D en función del sexo y componente dinámico. MUJERES

A N=517	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	24,6	2,6	17,8	35,2	20,8	22,8	24,3	26,0	29,3
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,6	1,6	10,8	20,9	13,2	14,5	15,5	16,7	18,5
P valvular (mm)	20,5	2,6	13,3	32,9	16,5	18,7	20,4	22,0	25,0
P valvular/SC (mm/m ²)	13,0	1,7	8,7	21,9	10,4	11,9	12,9	14,1	16,0
S Valsalva (mm)	25,7	2,7	18,4	34,2	21,1	23,8	25,5	27,4	30,3
S Valsalva /SC (mm/m ²)	16,4	1,9	10,2	22,2	13,3	15,0	16,4	17,5	19,4
A supra-aórtico (mm)	21,7	2,7	14,1	31,0	17,3	19,7	21,7	23,7	26,3
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	13,8	1,7	8,8	21,1	11,1	12,5	13,8	14,9	16,6
Ao ascen. PX (mm)	22,1	3,1	13,6	33,8	17,1	20,2	22,0	24,2	27,0
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	14,1	2,0	9,1	23,1	11,0	12,7	14,1	15,3	17,3
B N=299	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	25,8	2,5	18,8	37,4	22,3	24,0	25,7	27,1	30,3
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,3	1,5	11,3	22,4	13,0	14,2	15,3	16,2	17,8
P valvular (mm)	21,3	2,6	14,4	28,3	17,2	19,6	21,4	23,1	26,0
P valvular/SC (mm/m ²)	12,7	1,5	8,9	17,7	10,3	11,6	12,6	13,6	15,6
S Valsalva (mm)	27,0	3,0	19,8	39,1	22,4	25,1	26,8	28,6	32,5
S Valsalva /SC (mm/m ²)	16,0	1,7	12,2	23,4	13,2	14,8	15,9	17,0	18,9
A supra-aórtico (mm)	22,9	2,8	15,5	32,6	18,1	20,9	23,1	24,5	27,5
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	13,6	1,6	9,2	18,6	11,1	12,5	13,5	14,6	16,3
Ao ascen. PX (mm)	23,3	3,0	15,4	34,0	18,2	21,3	23,3	25,2	28,0
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	13,8	1,8	9,5	19,3	10,8	12,6	13,8	15,0	16,9
C N=709	Media	DE	Min	Max	P5	P25	P50	P75	P95
Aorta modo M (mm)	26,0	2,6	19,5	36,5	22,0	24,2	25,8	27,7	30,3
Aorta M/SC (mm/m ²)	15,5	1,6	11,4	22,3	13,1	14,4	15,4	16,5	18,5
P valvular (mm)	21,9	2,8	15,5	30,5	17,6	19,9	21,6	23,8	26,8
P valvular/SC (mm/m ²)	13,1	1,8	9,1	19,9	10,5	11,8	13,0	14,3	16,2
S Valsalva (mm)	27,3	2,9	20,1	38,2	22,9	25,1	27,4	29,3	32,2
S Valsalva /SC (mm/m ²)	16,3	1,9	11,3	25,8	13,5	15,0	16,2	17,6	19,7
A supra-aórtico (mm)	23,1	2,7	14,7	32,8	18,8	21,2	23,1	25,0	27,5
A supra-aórt /SC (mm/m ²)	13,8	1,8	9,3	23,1	11,1	12,5	13,7	14,9	17,1
Ao ascen. PX (mm)	23,7	3,2	13,7	36,5	18,7	21,6	23,7	26,0	28,9
Ao ascen.PX/SC (mm/m ²)	14,2	2,0	8,6	21,9	11,0	12,8	14,1	15,5	17,6

N Hombres=2742. N Mujeres=1525. DE=desviación estándar. Min=valor mínimo. Max=valor máximo. P5=percentil 5. P25=percentil 25. P50=percentil 50. P75=percentil 75. P95=percentil 95

5.3 Influencia del componente dinámico y estático en la aorta en función del sexo

5.3.1 Influencia del componente dinámico

En este apartado se presentan los análisis de varianza de las dimensiones de la aorta en función del sexo y del componente dinámico.

El diámetro de la aorta en eje largo paraesternal medido en modo M (Tabla 32) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=1468,4$; $p<0,001$; $\eta^2=0,256$).

Se encontraron diferencias significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 75,3$; $p<0,001$; $\eta^2=0,034$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo C tenían una dimensión mayor de la aorta que los del grupo B y A, y a su vez los del grupo B presentaron una dimensión superior a los del grupo A. No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,086$; $p=0,124$; $\eta^2=0,001$).

Tabla 32. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida en modo M											
		Sexo				Intervalo		P (Significación por Bonferroni)			
						Confianza 95%		Sexo	A-B	A-C	B-C
		M ± DE	EE	Li	Ls						
Componente dinámico	A	M (517)	24,6	2,59	0,14	24,3	24,8	Mujeres	-	-	-
		H (631)	28,9	3,20	0,12	28,6	29,1				
		Total (1148)	26,9	3,63	0,09	26,5	26,9				
	B	M (299)	25,8	2,50	0,18	25,4	26,1	Hombres	-	-	-
		H (512)	29,5	3,24	0,14	29,3	29,8				
		Total (811)	28,1	3,50	0,11	27,4	27,9				
	C	M (709)	26,0	2,58	0,12	25,8	26,2				
		H (1599)	30,3	3,44	0,08	30,1	30,4				
		Total (2308)	28,9	3,76	0,07	28,0	28,3				
Componente dinámico								0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	25,5	2,65	0,08	25,27	25,6	<0,001				
	H (2742)	29,8	3,40	0,06	29,4	29,7					

El diámetro de la aorta en eje largo paraesternal medido en modo M corregido por la SC (Tabla 33) no mostró diferencias entre hombres y mujeres ($F(1, 4261)=1965$; $p=0,161$). Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los deportistas en función del componente dinámico A, B y C ($F(2, 4261) = 17,7$; $p<0,001$; $\eta^2=0,008$). Las comparaciones múltiples pusieron de manifiesto que los deportista del grupo C presentaron un diámetro de la aorta en modo M corregido por la superficie corporal era mayor que los de los grupo A y B, y a su vez los del grupo B presentaron diámetros superiores a los del A.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 10,3$; $p<0,001$; $\eta^2=0,005$). Las comparaciones a posteriori mostraron que en las mujeres del grupo A las dimensiones fueron superiores a las del grupo B. Sin embargo, los hombres del grupo C presentaron una dimensión significativamente superior a la de los grupos A y B.

Tabla 33. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida en modo M/SC											
		Sexo	M ± DE		EE	Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						Li	Ls	Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	15,6	1,63	0,07	15,5	15,8	Mujeres	0,027	1,00	0,128
		H (631)	15,3	1,67	0,07	15,2	15,4				
		Total (1148)	15,4	1,66	0,05	15,4	15,5				
	B	M (299)	15,3	1,50	0,10	15,1	15,5	Hombres	0,478	<0,001	<0,001
		H (512)	15,1	1,61	0,07	15,0	15,3				
		Total (811)	15,2	1,57	0,06	15,1	15,3				
	C	M (709)	15,5	1,65	0,06	15,4	15,6				
		H (1599)	15,7	1,73	0,04	15,7	15,8				
		Total (2308)	15,7	1,71	0,04	15,6	15,7				
Componente dinámico								0,011	0,007	<,001	
Total (4267)	M (1525)	15,5	1,62	0,04	15,4	15,6	p=0,161				
	H (2742)	15,5	1,72	0,03	15,4	15,5					

El diámetro de la aorta a nivel del plano valvular medido en modo 2D (Tabla 34) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=983,9$; $p<0,001$; $\eta^2=0,188$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 92,3$; $p<0,001$; $\eta^2=0,042$). Las dimensiones del plano valvular del grupo C fueron mayores que las del grupo B y A, y a su vez las del B mayores que las del A.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 5,423$; $p=0,004$; $\eta^2=0,003$). Mientras que en las mujeres se observó la relación anteriormente descrita en los hombres no se observaron diferencias entre los grupos A y B.

Tabla 34. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida a nivel del plano valvular											
		Sexo				Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
								Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	20,5	2,6	0,1	20,2	20,7	Mujeres	<0,001	<0,001	0,033
		H (631)	24,0	3,1	0,1	23,7	24,2				
		Total (1148)	22,4	3,4	0,1	22,0	22,4				
	B	M (299)	21,3	2,6	0,2	21,0	21,7		0,866	<0,001	<0,001
		H (512)	24,2	3,2	0,1	23,9	24,4				
		Total (811)	23,1	3,3	0,1	22,5	23,0				
	C	M (709)	21,9	2,8	0,1	21,7	22,1				
		H (1599)	25,6	3,3	0,1	25,4	25,7				
		Total (2308)	24,4	3,6	0,1	23,6	23,9				
	Componente dinámico										
Total (4267)	M (1525)	21,3	2,7	0,1	21,1	21,4	<0,001				
	H (2742)	24,9	3,3	0,1	24,4	24,7					

El diámetro de la aorta a nivel del plano valvular medido en modo 2D y corregido por la SC (Tabla 35) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=4,302$; $p=0,038$; $\eta^2=0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) 79,117$; $p=0,001$; $\eta^2=0,036$). Las dimensiones del grupo C fueron mayores que las del A y las del B, y a su vez las del A fueron mayores que las del B.

Se encontró efecto de la interacción entre el sexo y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,995$; $p<0,001$; $\eta^2=0,006$). Mientras que la relación descrita con respecto al componente dinámico se mantuvo para los varones, no se observaron en las mujeres diferencias entre los grupos A y C y estos dos grupos presentaron dimensiones superiores a las del grupo B.

Tabla 35. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida a nivel del plano valvular/SC											
		Sexo				Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						LI	LS	Sexo	A-B	A-C	B-C
			Componente dinámico	A	M (517)	13,0	1,7	0,1	12,9	13,2	Mujeres
H (631)	12,7	1,6			0,1	12,6	12,8				
Total (1148)	12,9	1,7			0,1	12,8	13,0				
B	M (299)	12,7		1,5	0,1	12,5	12,9	Hombres	0,01	<0,001	<0,001
	H (512)	12,4		1,6	0,1	12,3	12,6				
	Total (811)	12,5		1,6	0,1	12,4	12,7				
C	M (709)	13,1		1,8	0,1	13,0	13,2				
	H (1599)	13,3		1,8	0,0	13,2	13,4				
	Total (2308)	13,2		1,8	0,0	13,1	13,3				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	13,0	1,7	0,0	12,8	13,0	0,038				
	H (2742)	13,0	1,7	0,0	12,7	12,9					

El diámetro de la aorta a nivel de los senos de Valsalva medido en modo 2D (Tabla 36) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=1154,5$; $p<0,001$; $\eta^2=0,213$)).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 79,117$; $p<0,001$; $\eta^2=0,036$). Los deportistas del grupo C presentaban diámetros de los senos de Valsalva mayores que los grupos A y B, siendo B mayor que A.

Se encontró efecto de la interacción entre el sexo y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,995$; $p=0,05$; $\eta^2=0,001$). La relación descrita para el componente dinámico se mantuvo para los hombres mientras que no se observaron diferencias entre los grupos B y C en las mujeres.

Tabla 36. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida a nivel de los Senos de Valsalva											
		Sexo				Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
								Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	25,7	2,7	0,1	25,4	26,0	Mujeres	<0,001	<0,001	0,414
		H (631)	30,0	3,5	0,1	29,7	30,2				
		Total (1148)	28,0	3,8	0,1	27,6	28,0				
	B	M (299)	27,0	3,0	0,2	26,6	27,4	Hombres	0,016	<0,001	<0,001
		H (512)	30,5	3,7	0,2	30,2	30,8				
		Total (811)	29,2	3,9	0,1	28,5	29,0				
	C	M (709)	27,3	2,9	0,1	27,1	27,6				
		H (1599)	31,5	3,7	0,1	31,3	31,7				
		Total (2308)	30,2	4,0	0,1	29,3	29,6				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	26,7	3,0	0,1	26,5	26,8	<0,001				
	H (2742)	31,0	3,7	0,1	30,5	30,8					

El diámetro de la aorta a nivel de los senos de Valsalva medido en modo 2D y corregido por la SC (Tabla 37) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($p<0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 24,043$; $p<0,001$; $\eta^2=0,011$), mostrando los sujetos del grupo C dimensiones mayores que los de los grupos A y B. Por otra parte las dimensiones de los del grupo A resultaron significativamente superiores a las del grupo B.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 8,072$; $p<0,001$; $\eta^2=0,004$). Los varones del grupo C presentaron diámetros mayores que los de los grupos A y B, no encontrándose diferencias entre estos dos últimos grupos. Tanto las mujeres del grupo A como del C presentaron diámetros superiores a las del grupo B.

Tabla 37. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida a nivel de los Senos de Valsalva/SC											
		Sexo	M ± DE			Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						Li	Ls	Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	16,4	1,9	0,1	16,2	16,5	Mujeres	0.034	1	0,027
		H (631)	15,9	1,9	0,1	15,7	16,0				
		Total (1148)	16,1	1,9	0,1	16,0	16,2				
	B	M (299)	16,0	1,7	0,1	15,8	16,2	Hombres	0,12	<0,001	<0,001
		H (512)	15,7	1,8	0,1	15,5	15,8				
		Total (811)	15,8	1,8	0,1	15,7	16,0				
	C	M (709)	16,3	1,9	0,1	16,2	16,5				
		H (1599)	16,4	2,0	0,0	16,3	16,5				
		Total (2308)	16,4	1,9	0,1	16,2	16,5				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	16,3	1,9	0,1	16,1	16,3	P< 0,001				
	H (2742)	16,1	1,9	0,0	15,9	16,1					

El diámetro de la aorta a nivel del anillo supra-aórtico medido en modo 2D (Tabla 38) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($p<0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 68,423$; $p<0,001$; $\eta^2=0,031$). Los diámetros de los clasificados como grupo C fueron superiores a los de los grupos B y A, y a su vez los del grupo B presentaron diámetros superiores a los del A.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 5,196$; $p=0,006$; $\eta^2=0,032$). Mientras que para los hombres no se encontraron diferencias significativas entre los grupos C y B y ambos presentaron diámetros superiores que los del grupo A, en las mujeres no se observaron diferencias entre los grupos A y B y ambos mostraron diámetros inferiores a las del grupo C.

Tabla 38. Aorta por sexo y categoría dinámica											
Medida a nivel del anillo supra-aórtico											
		Sexo				Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
								Sexo	A-B	A-C	B-C
		Componente dinámico	A	M (517)	21,7	2,7	0,1	21,5	22,0	Mujeres	<0,001
H (631)	24,9			3,3	0,1	24,7	25,2				
Total (1148)	23,5			3,4	0,1	23,1	23,5				
B	M (299)		22,9	2,8	0,2	22,5	23,3	Hombres	0,235	<0,001	<0,001
	H (512)		25,2	3,5	0,1	25,0	25,5				
	Total (811)		24,4	3,4	0,1	23,8	24,3				
C	M (709)		23,1	2,7	0,1	22,9	23,4				
	H (1599)		26,3	3,5	0,1	26,1	26,5				
	Total (2308)		25,3	3,6	0,1	24,6	24,9				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	22,6	2,8	0,1	22,4	22,8	<0,001				
	H (2742)	25,8	3,5	0,1	25,4	25,6					

El diámetro de la aorta a nivel del anillo supra-aórtico medido en modo 2D corregido por la SC (Tabla 39) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($p<0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 73,581$; $p<0,001$; $\eta^2=0,011$). Los diámetros de los clasificados como grupo C fueron superiores a los de los grupos A y B, y a su vez los del grupo A presentaron diámetros superiores a los del B.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 9942$; $p<0,001$; $\eta^2=0,005$). Mientras que para los hombres se encontraron diferencias significativas entre todos los grupos, en las mujeres no se observaron diferencias en función del componente dinámico

Tabla 39 Comparación por sexo entre categorías dinámicas											
Medida a nivel del anillo supra aórtico /SC											
		Sexo	M ± DE		EE	Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						Li	Ls	Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	13,8	1,7	0,1	13,7	14,0	Mujeres	0,227	1.000	0,158
		H (631)	13,2	1,7	0,1	13,1	13,4				
		Total (1148)	13,5	1,7	0,1	13,4	13,6				
	B	M (299)	13,6	1,6	0,1	13,4	13,8	Hombres	0,030	<0,001	<0,001
		H (512)	12,9	1,7	0,1	12,8	13,1				
		Total (811)	13,2	1,7	0,1	13,1	13,4				
	C	M (709)	13,8	1,8	0,1	13,7	14,0				
		H (1599)	13,7	1,8	0,0	13,6	13,8				
		Total (2308)	13,7	1,8	0,0	13,7	13,8				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	13,8	1,7	0,0	13,6	13,8	<0,001				
	H (2742)	13,4	1,8	0,0	13,2	13,4					

El diámetro de la aorta a nivel de la aorta ascendente proximal medido en modo 2D (Tabla 40) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($p < 0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 75,060$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,034$). Los sujetos clasificados como C presentaron diámetros superiores a los clasificados como B y A, y su vez los clasificados como B diámetros superiores a los clasificados como A.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 3,714$; $p = 0,024$; $\eta^2 = 0,002$). No se observaron diferencias entre los grupos C y B en mujeres, y ambos presentaron diámetros superiores a las del grupo A. Sin embargo, en los varones los diámetros de los deportistas del grupo C fueron superiores a los de los grupos A y B no observándose diferencia entre estos dos últimos grupos.

Tabla 40. Comparación por sexo entre categorías dinámicas											
Aorta a nivel de la aorta ascendente proximal											
		Sexo	M ± DE		EE	Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						Li	Ls	Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	22,1	3,1	0,2	21,8	22,4	Mujeres	<0,001	<0,001	0,142
		H (631)	25,2	3,5	0,1	24,9	25,5				
		Total (1148)	23,8	3,7	0,1	23,5	23,9				
	B	M (299)	23,3	3,0	0,2	22,9	23,7	Hombres	0,372	<0,001	<0,001
		H (512)	25,5	3,7	0,2	25,2	25,8				
		Total (811)	24,7	3,7	0,1	24,1	24,6				
	C	M (709)	23,7	3,2	0,1	23,5	24,0				
		H (1599)	26,7	3,8	0,1	26,6	26,9				
		Total (2308)	25,8	3,9	0,1	25,1	25,4				
Componente dinámico								<0,001	<0,001	<0,001	
Total (4267)		M (1525)	23,1	3,2	0,1	22,8	23,2	<0,001			
		H (2742)	26,2	3,8	0,1	25,7	26,0				

El diámetro de la aorta a nivel de la aorta ascendente proximal en modo 2D y corregido SC (Tabla 41) fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($p<0,001$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas A, B y C ($F(2, 4261) = 30,653$; $p<0,001$; $\eta^2=0,014$). El grupo C presentó valores mayores que los grupos A y B y el grupo A mayores que el B.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente dinámico de Mitchell ($F(2, 4261) = 36,571$; $p<0,001$; $\eta^2=0,003$). En las mujeres sólo se observaron diferencias significativas entre los grupos C y B, presentando el grupo C puntuaciones mayores que el B. En los varones el grupo C presentó diámetros mayores que los grupos A y B, sin apreciarse diferencias entre estos dos grupos.

Tabla 41. Comparación por sexo entre categorías dinámicas											
Aorta a nivel de la aorta ascendente proximal /SC											
		Sexo	M ± DE		EE	Intervalo Confianza 95%		P (Significación por Bonferroni)			
						Li	LS	Sexo	A-B	A-C	B-C
Componente dinámico	A	M (517)	14,0	2,0	0,1	13,9	14,2	Mujeres	0,221	0,766	0,014
		H (631)	13,4	1,8	0,1	13,2	13,5				
		Total (1148)	13,7	1,9	0,1	13,6	13,8				
	B	M (299)	13,8	1,8	0,1	13,6	14,0	Hombres	0,052	<0,001	<0,001
		H (512)	13,1	1,8	0,1	12,9	13,3				
		Total (811)	13,4	1,8	0,1	13,3	13,6				
	C	M (709)	14,2	2,0	0,1	14,0	14,3				
		H (1599)	13,9	2,0	0,0	13,8	14,0				
		Total (2308)	14,0	2,0	0,0	14,0	14,1				
Componente dinámico								0,011	<0,001	<0,001	
Total (4267)	M (1525)	14,1	2,0	0,1	13,9	14,1	p<0,001				
	H (2742)	13,7	1,9	0,0	13,4	13,6					

5.3.2 Influencia del componente estático

En este apartado se presentan los análisis de varianza de las dimensiones de la aorta en función del sexo y del componente estático. En la tabla 42 se presentan los valores medios con su desviación estándar y la significación estadística por las categorías I (bajo), II (moderado) y III (alto) componente estático de las medidas de la aorta en modo M y en los diferentes planos en 2D.

Tabla 42. Aorta y componente estático						
		M	DE	I-II	I-III	II-III
Aorta modo M (mm)	I	28,1	3,5	<0,001	N/S	<0,001
	II	29,0	3,9			
	III	27,8	3,8			
Total	M	25,5	2,65	<0,001		
	H	29,8	3,40			
Ao Plano Valvular (mm)	I	23,4	3,3	<0,001	N/S	<0,001
	II	24,4	3,7			
	III	23,2	3,5			
Total	M	21,3	2,7	<0,001		
	H	24,9	3,3			
Ao Senos Valsalva (mm)	I	29,3	3,7	<0,001	N/S	<0,001
	II	30,3	4,2			
	III	28,9	4,0			
Total	M	26,7	3,0	<0,001		
	H	31,0	3,7			
Ao Anillo Supra-aórtico (mm)	I	24,5	3,4	<0,001	N/S	<0,001
	II	25,3	3,7			
	III	24,3	3,6			
Total	M	22,6	2,8	<0,001		
	H	25,8	3,5			
Ao. ascendente Prox. (mm)	I	24,8	3,6	<0,001	NS	<0,001
	II	25,8	4,0			
	III	24,7	3,9			
Total	M	23,8	32	<0,001		
	H	26,1	3,9			

N: Clase I, hombres 851 (31%), mujeres 439 (28,8%), total 1.290 (35,2%)

Clase II, hombres: 801 (29,2%), mujeres 429 (28,1%), total 1.230 (28,8%)

Clase III, hombres 1.090 (39,8%), mujeres 657 (43,1%), total 1.747 (40,9%)

El diámetro de la aorta en eje largo paraesternal medido en modo M fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=1805,0$; $p<0,001$; $\eta^2=0,298$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 47,4$; $p<0,001$; $\eta^2=0,022$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión mayor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell pero prácticamente insignificante ($F(2, 4261) = 5,577$; $p=0,004$; $\eta^2=0,003$). En las mujeres las aortas en el grupo II fueron mayores que las del I y III, y a su vez las del I mayores que las del III. Similarmente, en los hombres las aortas del grupo II eran mayores que los otros dos grupos, pero en este caso las del grupo III eran mayores que las I.

El diámetro de la aorta a nivel del plano valvular medido en modo 2D fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=1272,4$; $p<0,001$; $\eta^2=0,230$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 42,3$; $p<0,001$; $\eta^2=0,019$). Las dimensiones del plano valvular del grupo II fueron mayores que las del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,559$; $p=0,077$).

El diámetro de la aorta a nivel de los senos de Valsalva medido en modo 2D fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=1453,8$; $p<0,001$; $\eta^2=0,254$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 44,4$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,020$). Las dimensiones del plano valvular del grupo II fueron mayores que las del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,577$; $p = 0,076$).

El diámetro de la aorta a nivel de anillo supra-aórtico fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261) = 886,8$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,172$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 30,254$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,014$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión mayor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre estos dos grupos.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell pero prácticamente insignificante ($F(2, 4261) = 4,072$; $p = 0,017$; $\eta^2 = 0,002$). En las mujeres, las de grupo II tenían aortas mayores que la del I y III, y a su vez las del I eran mayores que las del III. En los hombres, los del grupo II presentaron aortas mayores que los del I y III, pero no existían diferencias entre estos.

El diámetro de la aorta a nivel de la aorta ascendente proximal fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261) = 683,14$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,138$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 33,206$; $p < 0,001$; $\eta^2 = 0,015$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión mayor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell pero prácticamente insignificante ($F(2, 4261) = 4,218$; $p=0,015$; $\eta^2=0,002$). En mujeres las del grupo II tenían dimensiones mayores que las del grupo I y III, siendo estas iguales. En los hombres las del grupo II tenían dimensiones mayores que las del grupo I y III, y también en estos eran iguales.

En la tabla 43 se presentan los valores medios con su desviación estándar y la significación estadística por las categorías I (bajo), II (moderado) y III (alto) componente estático de las medidas de la aorta en modo M y en los diferentes planos en 2D corregidas por la SC.

Tabla 43. Aorta corregida por la SC y componente estático						
		M/SC	DE	I-II	I-III	II-III
Aorta modo M/SC (mm/m ²)	I	15,7	1,7	<0,001	N/S	<0,001
	II	15,1	1,6			
	III	15,7	1,7			
TOTAL	M	15,5	1,6	= 0,619		
	H	15,5	1,7			
Ao Plano Valvular SC (mm/m ²)	I	13,1	1,8	<0,001	N/S	<0,001
	II	12,7	1,6			
	III	13,1	1,7			
TOTAL	M	13,0	1,7	=0,680		
	H	13,0	1,7			
Ao Senos Valsalva/SC (mm/m ²)	I	16,3	1,9	<0,001	N/S	<0,001
	II	15,7	1,8			
	III	16,4	1,9			
TOTAL	M	16,3	1,9	=0,084		
	H	16,1	1,9			
Ao Anillo Supra-aórtico/SC (mm/m ²)	I	13,7	18	<0,001	N/S	<0,001
	II	13,2	1,7			
	III	13,8	1,8			
TOTAL	M	13,8	1,7	<0,001		
	H	13,4	1,8			
Ao ascendente Prox./SC (mm/m ²)	I	13,9	2,0	<0,001	N/S	<0,001
	II	13,4	2,3			
	III	14,0	2,0			
TOTAL	M	14,1	2,0	<0,001		
	H	13,6	2,2			

N: Clase I, hombres 851 (31%), mujeres 439 (28,8%), total 1.290 (35,2%)

Clase II, hombres: 801 (29,2%), mujeres 429 (28,1%), total 1.230 (28,8%)

Clase III, hombres 1.090 (39,8%), mujeres 657 (43,1%), total 1.747 (40,9%)

El diámetro de la aorta en eje largo paraesternal medido en modo M corregida por SC no se diferenció entre hombres y mujeres ($F(1, 4261)=0,224$; $p=0,619$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 50,6$; $p<0,001$; $\eta^2=0,023$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión menor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

Se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell pero era prácticamente insignificante ($F(2, 4261) = 2,966$; $p=0,05$; $\eta^2=0,001$). En la mujeres del grupo III el diámetro era mayor que las del II, y en estas menor que en las del I. En los hombres se dio el mismo efecto.

El diámetro de la aorta a nivel del plano valvular corregido por SC medido en modo 2D no se diferenció entre hombres y mujeres ($F(1, 4261)=0,171$; $p=0,680$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las distintas categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 24,6$; $p<0,001$; $\eta^2=0,011$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión menor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,151$; $p=0,116$).

El diámetro de la aorta a nivel de los senos de Valsalva/SC medido en modo 2D no se diferenció entre hombres y mujeres ($F(1, 4261)=2,986$; $p=0,084$).

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías dinámicas I, II y III ($F(2, 4261) = 40,05$; $p<0,001$; $\eta^2=0,018$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión menor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 2,013$; $p=0,134$).

El diámetro de la aorta a nivel de anillo supra-aórtico/SC fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=30,14$; $p<0,001$; $\eta^2=0,007$) siendo mayor en las mujeres que en los hombres.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 36,8$; $p<0,001$; $\eta^2=0,017$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión menor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 1,162$; $p=0,313$).

El diámetro de la aorta a nivel de la aorta ascendente proximal/SC fue significativamente mayor en hombres que en mujeres ($F(1, 4261)=44,34$; $p<0,001$; $\eta^2=0,010$) siendo mayor en las mujeres que en los hombres.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes categorías estáticas I, II y III ($F(2, 4261) = 28,89$; $p<0,001$; $\eta^2=0,012$). Las comparaciones a posteriori mostraron que los deportistas del grupo II tenían una dimensión menor de la aorta que los del grupo I y III, no habiendo diferencias entre ambos.

No se encontró efecto de la interacción entre el género y el componente estático de Mitchell ($F(2, 4261) = 1,922$; $p=0,146$).

5.3.3 Diferencias en el tamaño de la aorta entre hombres y mujeres en función del componente dinámico y estático

Los hombres presentaron en valores absolutos un tamaño de la aorta mayor que las mujeres en todos los planos medidos, cuando se comparan en función del componente dinámico del deporte, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$).

Los deportistas de la categoría C (alto componente dinámico) tenían aortas mayores a todos los niveles que los de la categoría B (moderado componente dinámico) y estos a su vez mayores que los de la categoría A (bajo componente dinámico) $p < 0,001$, como se puede observar en las tablas 32, 34, 36, 38 y 40.

La tabla 44 muestra las diferencias entre hombres y mujeres en las dimensiones de los diferentes planos aórticos medidos en función del componente dinámico y estático, en valores absolutos y corregidos por la SC.

Tabla 44. Diferencia entre hombres y mujeres en los valores medios de los diferentes planos aórticos en función del componente dinámico y estático						
	Componente dinámico			Componente estático		
Planos de corte	Diferencias entre medidas absolutas (mm)	Diferencias entre medidas/SC (mm)	P	Diferencias entre medidas absolutas (mm)	Diferencias entre medidas/SC (mm)	P
Aorta Modo M	4,113	0,081	0,161	4,28	0,027	0,619
Plano valvular	3,229	0,122	0,038	3,58	0,023	0,680
Senos de Valsalva	4,006	- 0,243	<0,001	4,23	0,106	0,084
Anillo supra-aórtico	2,906	- 0,448	<0,001	3,13	- 0,314	<0,001
Aorta ascendente	2,790	- 0,547	<0,001	3,01	- 0,417	<0,001

Sin embargo, cuando estas dimensiones se corrigen por la SC no existen diferencias entre hombres y mujeres a nivel de la medida en modo M ($p = 0,161$) y se amortiguan las diferencias a nivel del plano valvular ($p = 0,038$). Curiosamente en el resto de los planos se invierte la relación siendo mayores las medidas en las mujeres que en los hombres. Cuando se tiene en cuenta la categoría dinámica los del grupo C (alto dinámico) tienen dimensiones mayores en todos los planos que los del grupo A

(bajo dinámico) y a su vez estos tienen dimensiones mayores que los de la categoría B (moderado dinámico) $p<0,001$ en todos los planos, menos en modo M que fueron $p=0,011$ A-B, $p=0,007$ A-C y $p<0,001$ B-C, como se puede ver en las tablas 33, 35, 37, 39 y 41.

En relación con el componente estático los hombres presentaron en valores absolutos un tamaño de la aorta mayor que las mujeres en todos los planos medidos, siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p<0,001$).

Los deportistas de la categoría II (moderado componente estático) tenían aortas mayores a todos los niveles que los de la categoría III (alto componente estático) y que los de la categoría I (bajo componente estático) $p<0,001$, pero no había diferencias entre las aortas de las categorías I y III como se puede observar en la tabla 42.

Sin embargo, cuando estas dimensiones se corrigen por la SC no existen diferencias entre hombres y mujeres excepto a nivel del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente ($p<0,001$) que, curiosamente otra vez, la relación se invierte siendo mayores las medidas en las mujeres que en los hombres. Cuando se tiene en cuenta la categoría estática los del grupo II (moderado estático) tienen dimensiones menores en todos los planos que los del grupo III y I (alto y bajo estático) $p<0,001$, pero no se encontraron diferencias entre las aortas de las categorías I y III como se puede observar en las tablas 43.

5. 4 Análisis de las relaciones entre las dimensiones de la aorta y otros parámetros

En la tabla 45 se presentan las correlaciones entre las dimensiones de la aorta en modo M y 2D con algunas variables biométricas, con el volumen y la masa del VI, las dimensiones auriculares, gasto cardiaco y con el consumo máximo de oxígeno. Todas las correlaciones resultaron significativas ($p < 0,001$), si bien, como se puede ver en la tabla, la fuerza de la asociación fue superior para la masa y el volumen telediastólico del VI, la SC, el peso y la talla.

Tabla 45. Correlaciones de Pearson

	Ao modo M	Ao p valvular	Ao s Valsalva	Ao a. supraórtico	Ao asc proximal
Edad	0,362	0,338	0,417	0,435	0,425
Talla	0,589	0,525	0,551	0,488	0,468
Peso	0,597	0,514	0,536	0,494	0,475
SC	0,631	0,548	0,573	0,520	0,500
Volumen telediastólico	0,594	0,546	0,555	0,522	0,506
Masa VI	0,662	0,566	0,595	0,534	0,518
Aurícula izqda antero-posterior	0,374	0,301	0,285	0,265	0,283
Aurícula izquierda superoinferior	0,367	0,305	0,354	0,318	0,293
ADSI	0,452	0,419	0,460	0,443	0,428
VO2 máx.	0,222	0,233	0,231	0,182	0,175
GC	0,282	0,261	0,228	0,207	0,216
TAS	0,295	0,214	0,235	0,180	0,169
TAD	0,296	0,285	0,309	0,315	0,288
FC	0,149	0,135	0,165	0,147	0,158

$P < 0,001$ para todas las correlaciones.

En la tabla 46 se presentan las ecuaciones de regresión múltiple para las cinco medidas de la aorta utilizando como variables predictoras las reseñadas en el punto anterior. La primera variable predictora para todas las medidas de la aorta consideradas fue la masa del ventrículo izquierdo (con porcentajes de varianza explicada que fluctúan entre un 26,9% y un 42,6%). La capacidad predictiva de esta variable fue especialmente alta para la aorta en modo M seguida de la medida de la aorta en el plano valvular y los senos de Valsalva. También es la variable predictora que primero entra en la ecuación para la medida de la aorta a nivel del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente proximal.

La edad produce un incremento significativo del porcentaje de varianza explicado en todas las dimensiones de la aorta aunque el porcentaje de varianza explicado por esta variable no supera para ninguna de ellas el 8,8%.

La superficie corporal produce un incremento significativo del porcentaje de varianza explicado en cuatro de las cinco medidas aunque el porcentaje de varianza explicado por esta variable no supera para ninguna de ellas el 6,5%.

El VO₂ máx. sólo entro en la ecuación para pronosticar el plano valvular aórtico con un porcentaje explicado del 1,7% . La talla y la TAD sólo entraron en la ecuación para pronosticar la medida de la aorta a nivel de los senos de Valsalva explicando tan sólo el 6,4% y el 1% de la varianza respectivamente.

Tabla 46. Coeficientes de regresión múltiple para las cinco medidas de la aorta y varianza explicada al incluir la variable predictora (R²)

		β	p	R ²
Ao modo M	Masa VI	0,358	< 0,001	0,426
	SC	0,355	< 0,001	0,491
	Edad	0,199	< 0,001	0,527
Ao p valvular	Masa VI	0,170	< 0,001	0,323
	SC	0,414	< 0,001	0,377
	Edad	0,202	< 0,001	0,414
	VO2_MAX	0,160	< 0,001	0,431
Ao s Valsalva	Masa VI	0,296	< 0,001	0,351
	Edad	0,265	< 0,001	0,416
	Talla	0,313	< 0,001	0,480
	TAD	0,108	< 0,001	0,490
Ao supraaórtico	Masa VI	0,236	< 0,001	0,287
	Edad	0,319	< 0,001	0,375
	SC	0,314	< 0,001	0,429
Ao asc proximal	Masa VI	0,233	< 0,001	0,269
	Edad	0,314	< 0,001	0,354
	SC	0,294	< 0,001	0,401

5.5 Baremos de las dimensiones de la aorta en función del sexo y del componente estático y dinámico del deporte.

En este apartado y dada la elevada muestra en la que se han obtenido estos datos se han elaborado los baremos obtenidos a partir del grupo de deportistas que han completado el desarrollo madurativo (hombres con una edad igual o superior a 18 años y en las mujeres igual o superior a 16 años). Dichos baremos son de muy fácil aplicación y muy útiles en la practica clínica especialmente en aquellos deportistas con medidas de la aorta limítrofes. Bastara con conocer el sexo, la edad y el tipo de deporte para situarlo dentro o fuera del rango de normalidad. Si además se conoce su peso y talla, dado que también se dan los baremos indexados por la superficie corporal, se podrán calcular los Z-score para cada medida de la aorta.

Bastara con restar al valor del probando el valor medio correspondiente al grupo donde se halla su deporte y dividirlo por la desviación estándar. Un Z-score mayor de 2 implicará anormalidad aconsejándose realizar exploraciones complementarias para descartar enfermedad de la aorta.

En las tablas 47, 48 y 49 se muestran las medidas de los espesores parietales del VI, su dimensión telediastólica, el volumen y la masa , así como las dimensiones de la aurícula izquierda antero-posterior y supero-inferior y de la aurícula derecha supero-inferior, en valores absolutos y corregidos por la superficie corporal, en los hombres deportistas, en función de las categorías de componente estático y dinámico de la clasificación de Mitchell. Además, se muestran también el consumo máximo de oxígeno, el gasto cardiaco y las velocidades de las ondas de llenado mitral. Se presentan las medias, desviación estándar y el percentil 95.

**Tabla 47. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultos varones.
Deportes BAJO componente ESTÁTICO**

	IA N=117			IB N=102			IC N=445		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	8,5	1	10,5	8,9	1,1	10,8	9,2	1,1	11,1
SIV/SC(mm/m ²)	4,4	0,5	5,4	4,5	0,5	5,5	4,9	0,7	6,1
Dd (mm)	51,5	3,7	57,2	54,5	4	60,2	55,4	3,7	61,3
Dd/SC(mm/m ²)	26,8	2,5	30,8	27,3	2,1	30,8	29,6	2,4	33,9
Pp (mm)	8,3	1	10,3	8,7	1	10,6	8,9	1	10,6
Pp/SC(mm/m ²)	4,3	0,5	5,3	4,4	0,5	5,2	4,8	0,6	5,8
VTD (ml)	127,6	21,3	161,8	145,6	26,1	181,1	150,7	23	188,8
VTD/SC(ml/m ²)	66,2	10,8	83,9	72,6	11,3	89,5	80,4	11,7	101,5
MASA (g)	153,6	30,4	207,5	180,4	37,6	259,8	190,8	35,3	246,7
MASA/SC(g/m ²)	79,4	14,2	104,4	89,6	15,1	117,2	101,8	18,2	133,2
FEVI (%)	60,7	7,5	72,3	59,3	6,6	71,9	60,8	6,7	71
Alap (M) (mm)	33,4	4,3	40,1	35,6	3,9	42,4	36	4,3	43,7
Alap/SC(mm/m ²)	17,3	2,1	20,6	17,8	1,9	20,7	19,2	2,5	23,9
AlSI (mm)	49,3	5,7	58,6	52	5,5	60,7	52,9	5,6	62
Alsi/SC (mm/m ²)	25,6	3,1	31,2	26	2,8	30,6	28,3	3,3	34,4
ADSI (mm)	50,2	5,1	59,4	53,1	5	62,1	55	4,9	63,1
ADsi/SC(mm/m ²)	26,1	2,8	30,7	26,5	2,6	31,2	29,4	3,1	34,9
VO ₂ max (ml/Kg/min)	46,4	8,8	60,3	54	5,7	64,2	60,6	7,7	73,9
E (cm/s)	80	15,3	104,4	84,5	13,8	107	84,7	13,6	105,8
A (cm/s)	47,2	9,8	66	42,5	10,1	58,6	41,7	9,8	58,6
GC (L/min)	7,5	1,7	11,1	7,8	1,6	10,4	7,5	1,6	10,7

**Tabla 48. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultos varones.
Deportes MODERADO componente ESTÁTICO**

	IIA N=39			IIB N=229			IIC N=338		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	8,5	1	10,5	8,9	1,1	10,8	9,2	1,1	11,1
SIV/SC(mm/m ²)	4,4	0,5	5,4	4,5	0,5	5,5	4,9	0,7	6,1
Dd (mm)	51,5	3,7	57,2	54,5	4	60,2	55,4	3,7	61,3
Dd/SC(mm/m ²)	26,8	2,5	30,8	27,3	2,1	30,8	29,6	2,4	33,9
Pp (mm)	8,3	1	10,3	8,7	1	10,6	8,9	1	10,6
Pp/SC(mm/m ²)	4,3	0,5	5,3	4,4	0,5	5,2	4,8	0,6	5,8
VTD (ml)	127,6	21,3	161,8	145,6	26,1	181,1	150,7	23	188,8
VTD/SC(ml/m ²)	66,2	10,8	83,9	72,6	11,3	89,5	80,4	11,7	101,5
MASA (g)	153,6	30,4	207,5	180,4	37,6	259,8	190,8	35,3	246,7
MASA/SC(g/m ²)	79,4	14,2	104,4	89,6	15,1	117,2	101,8	18,2	133,2
FEVI (%)	60,7	7,5	72,3	59,3	6,6	71,9	60,8	6,7	71
Alap (M) (mm)	33,4	4,3	40,1	35,6	3,9	42,4	36	4,3	43,7
Alap/SC(mm/m ²)	17,3	2,1	20,6	17,8	1,9	20,7	19,2	2,5	23,9
AlSI (mm)	49,3	5,7	58,6	52	5,5	60,7	52,9	5,6	62
Alsi/SC (mm/m ²)	25,6	3,1	31,2	26	2,8	30,6	28,3	3,3	34,4
ADSI (mm)	50,2	5,1	59,4	53,1	5	62,1	55	4,9	63,1
ADsi/SC(mm/m ²)	26,1	2,8	30,7	26,5	2,6	31,2	29,4	3,1	34,9
VO ₂ max (ml/Kg/min)	48,9	9,6	65,7	54,4	5,4	63,3	56,8	8,3	71,2
E (cm/s)	84,4	16,2	111,6	86,6	13,9	111	82,5	15,3	109
A (cm/s)	51,6	14	82,3	44,2	10,3	62,6	42,3	10,5	60,2
GC(L/min)	7,9	1,5	11	7,6	1,8	11,3	8,2	2	12,2

**Tabla 49. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultos varones.
Deportes ALTO componente ESTÁTICO**

	IIIA N=289			IIIB N=84			IIIC N=443		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	8,5	1	10,5	8,9	1,1	10,8	9,2	1,1	11,1
SIV/SC(mm/m ²)	4,4	0,5	5,4	4,5	0,5	5,5	4,9	0,7	6,1
Dd (mm)	51,5	3,7	57,2	54,5	4	60,2	55,4	3,7	61,3
Dd/SC(mm/m ²)	26,8	2,5	30,8	27,3	2,1	30,8	29,6	2,4	33,9
Pp (mm)	8,3	1	10,3	8,7	1	10,6	8,9	1	10,6
Pp/SC(mm/m ²)	4,3	0,5	5,3	4,4	0,5	5,2	4,8	0,6	5,8
VTD (ml)	127,6	21,3	161,8	145,6	26,1	181,1	150,7	23	188,8
VTD/SC(ml/m ²)	66,2	10,8	83,9	72,6	11,3	89,5	80,4	11,7	101,5
MASA (g)	153,6	30,4	207,5	180,4	37,6	259,8	190,8	35,3	246,7
MASA/SC(g/m ²)	79,4	14,2	104,4	89,6	15,1	117,2	101,8	18,2	133,2
FEVI (%)	60,7	7,5	72,3	59,3	6,6	71,9	60,8	6,7	71
Alap (M) (mm)	33,4	4,3	40,1	35,6	3,9	42,4	36	4,3	43,7
Alap/SC(mm/m ²)	17,3	2,1	20,6	17,8	1,9	20,7	19,2	2,5	23,9
AlSI (mm)	49,3	5,7	58,6	52	5,5	60,7	52,9	5,6	62
Alsi/SC (mm/m ²)	25,6	3,1	31,2	26	2,8	30,6	28,3	3,3	34,4
ADSI (mm)	50,2	5,1	59,4	53,1	5	62,1	55	4,9	63,1
ADsi/SC(mm/m ²)	26,1	2,8	30,7	26,5	2,6	31,2	29,4	3,1	34,9
VO ₂ max (ml/Kg/min)	53,1	7,3	64	51,8	6,2	62,5	63,1	8,2	76,5
E (cm/s)	89,1	12,9	111,6	86,9	13,4	107	86,6	13,9	109
A (cm/s)	43,4	9,7	58,3	45,3	11,6	65,9	42	11,9	60
GC(L/min)	7,9	1,8	11,4	7,8	1,8	11	8,2	2	11,8

En las tablas 50, 51 y 52 se dan los mismo parámetros pero aplicables a mujeres deportistas con edad igual o superior a 16 años.

**Tabla 50. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultas mujeres.
Deportes BAJO componente ESTÁTICO**

	IA N=75			IB N=83			IC N=233		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	7,6	0,8	9	7,7	0,8	9	7,6	0,8	9
SIV/SC(mm/m ²)	4,7	0,6	5,8	4,4	0,4	5,1	4,7	0,6	5,8
Dd (mm)	49,2	3,3	54,6	49,9	3,9	57	49,2	3,3	54,6
Dd/SC(mm/m ²)	30,5	2,6	35,6	28,3	2,1	32,4	30,5	2,6	35,6
Pp (mm)	7,5	0,9	9	7,7	0,8	9,1	7,5	0,9	9
Pp/SC(mm/m ²)	4,6	0,6	5,6	4,3	0,4	5,1	4,6	0,6	5,6
VTD (ml)	114,8	18,4	145,3	118,6	21,8	160,1	114,8	18,4	145,3
VTD/SC(ml/m ²)	71	11,2	90,2	66,9	10,1	83	71	11,2	90,2
MASA (g)	124,4	23,3	167,6	130	27,3	189,3	124,4	23,3	167,6
MASA/SC(g/m ²)	76,9	14	105	73,1	11,6	95,3	76,9	14	105
FEVI (%)	61,1	7,6	73,3	60,3	6,7	71	61,1	7,6	73,3
Alap (M) (mm)	32,8	4	39,9	31,6	3,5	37	32,8	4	39,9
Alap/SC(mm/m ²)	20,3	2,8	25,4	17,9	2	21,7	20,3	2,8	25,4
AlSI (mm)	48,8	5	56,1	48,7	5,3	57,5	48,8	5	56,1
Alsi/SC (mm/m ²)	30,2	3,4	36,1	27,6	3,1	33,5	30,2	3,4	36,1
ADSI (mm)	49,9	4,8	58,2	49,4	4,7	58,7	49,9	4,8	58,2
ADsi/SC(mm/m ²)	30,9	3,4	37,2	28	2,4	31,9	30,9	3,4	37,2
VO ₂ max (ml/Kg/min)	38,7	5,5	47,4	44,6	6,3	54,9	51,5	7	65,1
E (cm/s)	88,7	14,2	115,8	92,9	12,7	116,7	92,5	15,2	118,4
A (cm/s)	47,3	9,6	60,5	46,9	15,7	67,3	45,6	16,8	67,8
GC(L/min)	6,2	1,4	9,2	7,1	1,6	10,9	6,5	1,4	9

**Tabla 51. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultas mujeres.
Deportes MODERADO componente ESTÁTICO**

	IIA N=20			IIB N=132			IIC N=211		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	7,1	0,7	8,4	7,6	0,9	9,5	8,1	1,1	10,1
SIV/SC(mm/m ²)	4,2	0,4	5,1	4,5	0,6	5,5	4,6	0,6	5,6
Dd (mm)	47,2	3,5	56	48,9	3,5	55,6	51,6	3,7	57,9
Dd/SC(mm/m ²)	27,9	2,4	30,8	28,9	2,1	32,8	29,2	2,5	33,6
Pp (mm)	6,9	0,9	9	7,5	0,9	9,3	7,9	1	9,7
Pp/SC(mm/m ²)	4,1	0,4	4,9	4,4	0,5	5,3	4,5	0,5	5,4
VTD (ml)	104,1	18,2	153,6	113,3	19,1	151,7	128	21,6	165,5
VTD/SC(ml/m ²)	61,5	10,3	84,3	66,8	10	85,6	72	10,2	89,4
MASA (g)	103,7	18,9	158,4	123,1	24,7	172,7	145,3	32,2	206,1
MASA/SC(g/m ²)	61,1	9,2	86,7	72,4	12,5	95,6	81,3	14,4	108
FEVI (%)	61,7	7,9	76,9	61,5	6,2	70,4	61,1	7	72
Alap (M) (mm)	30,6	3,9	38,9	32	4	38,8	33,7	4,1	40
Alap/SC(mm/m ²)	18,2	2,8	23,9	18,9	2,3	22,9	19,1	2,6	23,3
Alsi (mm)	46,3	5,1	53,8	47,3	5,9	56,2	49,6	5,2	57,3
Alsi/SC (mm/m ²)	27,3	3	31	27,9	3,5	33,6	28,1	3,4	33,3
ADSI (mm)	46	4	53,9	48,3	4,9	56,5	50,9	5,1	59,8
ADsi/SC(mm/m ²)	27,2	2,3	32,4	28,5	2,9	33,2	28,8	3,2	34,6
VO ₂ max (ml/Kg/min)	41,8	4,2	47,7	48,2	5,1	58	51,2	7,3	65,1
E (cm/s)	91,6	16	123,8	92,2	12,4	112,7	90	14,1	114
A (cm/s)	47,1	11,3	72,9	45,2	10,5	62	43,1	11,6	59
GC (L/min)	6,7	1,2	8,6	6,8	1,5	9,7	7,4	1,8	10,8

**Tabla 52. Parámetros ecocardiográficos y VO₂ máx. deportistas adultas mujeres.
Deportes ALTO componente ESTÁTICO**

	IIIA N=284			IIIB N=64			IIIC N=166		
	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95	Media	DE	P 95
SIV (mm)	7,4	1	9,1	7,3	0,9	9,1	8,1	1,1	10,2
SIV/SC(mm/m ²)	4,5	0,6	5,6	4,5	0,6	5,5	4,8	0,6	5,9
Dd (mm)	48,4	3,7	55,3	48,1	3,1	53,8	50,2	3,8	57
Dd/SC(mm/m ²)	29,6	2,8	35,4	29,6	2,1	32,9	30,2	2,6	35,2
Pp (mm)	7,3	0,9	9	7,2	0,9	8,6	7,9	1,1	9,9
Pp/SC(mm/m ²)	4,5	0,6	5,4	4,5	0,6	5,3	4,8	0,6	6,1
VTD (ml)	110,6	19,9	149	108,5	16,4	140,2	120,5	21,2	160,3
VTD/SC(ml/m ²)	67,2	9,6	84,4	66,7	8,8	83	72,3	12,1	93,3
MASA (g)	117,6	27,9	172,4	113,6	21,4	152,9	138,6	30,2	195,4
MASA/SC(g/m ²)	71	11,9	93,1	69,8	11,9	91,2	82,9	16,2	114,5
FEVI (%)	61,2	6,5	72	60,2	5,9	71	61,3	6,5	71,7
Alap (M) (mm)	31,7	4,7	40	31,8	3,9	37,3	32,5	4,2	39,4
Alap/SC(mm/m ²)	19,4	2,7	24,2	19,6	2,5	24,4	19,5	2,7	24,9
AlSI (mm)	47,3	5,2	56	47,2	5	56,6	49,7	5,6	59,4
Alsi/SC (mm/m ²)	29	3,3	34,5	29	2,6	33,5	29,8	3,4	35,6
ADSI (mm)	48,2	4,9	56,8	47,7	5,1	56,3	50,6	5,5	60,9
ADsi/SC(mm/m ²)	29,4	2,9	34,5	29,4	2,7	34,4	30,4	3,4	36,2
VO ₂ max (ml/Kg/min)	46,1	6,5	56,7	43,5	6,6	52,8	53,1	7,3	65,7
E (cm/s)	93,2	14,4	117,8	93,2	12,1	111,8	91,5	13	115
A (cm/s)	45	11,6	66,1	47,8	10,3	72,6	42,6	10,1	59,6
GC (L/min)	6,8	1,5	9,5	6,6	1,4	9,3	6,8	1,5	9,6

En las tablas 53, 54 y 55 se muestran las medidas de la aorta en valores absolutos y corregidas por la superficie corporal en los hombres deportistas, con una edad igual o superior a 18 años, en función de las categorías de componente estático y dinámico de la clasificación de Mitchell. Se presentan las medias, desviación estándar y los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95.

Tabla 53 . Dimensiones aorticas en deportistas adultos hombres
Deportes BAJO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico

IA	N= 117	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	30	3,1	25,2	27,9	29,7	31,4	36,8
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,6	1,9	12,5	14,3	15,5	16,5	19,5
	Ao p valvular (mm)	25,2	3	20,3	23,2	25,2	27	30,5
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,1	1,8	10	11,9	13,2	14,2	16,4
	Ao s de Valsalva (mm)	31,3	3,4	26,9	28,8	30,8	33,5	38,9
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,3	2	13,5	14,9	16,1	17,4	20,2
	Ao a supra-aórtico (mm)	26,4	3,3	21,6	24	26	28,8	32,1
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,8	1,9	10,9	12,4	13,8	15,2	17,1
	Ao asc proximal (mm)	26,5	3,5	21,7	24,2	26,3	28	33,5
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,8	1,9	10,7	12,4	13,6	14,8	17,4
IB	N= 102	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	29,8	3,3	24,3	27,9	29,7	31,7	35,2
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	14,9	1,6	12,6	13,8	14,8	15,8	17,3
	Ao p valvular (mm)	23,7	3	19,3	21,1	23,3	26,3	29,1
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	11,9	1,6	9,4	10,5	11,9	13,1	14,6
	Ao s de Valsalva (mm)	30,6	3,6	24,8	28,5	30,2	32,4	37
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,3	1,8	12,7	14	15,1	16,6	18,6
	Ao a supra-aórtico (mm)	25,3	3,3	20,3	22,6	25,4	27,4	30,3
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	12,7	1,7	10,1	11,3	12,7	13,8	15,6
	Ao asc proximal (mm)	25,6	3,4	20,3	23	25,4	27,8	31,1
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	12,8	1,7	9,9	11,5	12,6	13,9	15,6
IC	N= 445	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	30	2,9	25,6	28,1	29,9	31,9	34,9
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	16	1,6	13,6	14,9	15,9	17,1	18,9
	Ao p valvular (mm)	25,4	3	20,6	23,3	25,3	27,4	30
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,5	1,6	11	12,5	13,4	14,5	16,5
	Ao s de Valsalva (mm)	31,4	3,1	26,3	29,2	31,1	33,2	36,6
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,7	1,8	14,1	15,5	16,6	17,9	20,1
	Ao a supra-aórtico (mm)	26,3	3	21,3	24,5	26	28,1	31,4
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	14	1,6	11,6	12,8	13,9	15,1	16,9
	Ao asc proximal (mm)	26,6	3,1	21,3	24,5	26,7	28,8	32,1
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14,2	1,7	11,7	13	14,1	15,3	17

Tabla 54. Dimensiones aorticas en deportistas adultos hombres
Deportes MODERADO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico

IIA	N= 39	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	29,9	3,7	23,1	27,7	29,2	32,4	36,4
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,5	1,7	12,7	14,2	15,5	16,7	18,8
	Ao p valvular (mm)	25,2	3,2	19,9	23,4	25,6	27,4	31,4
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,1	1,7	10,1	12	13	14,2	15,5
	Ao s de Valsalva (mm)	31,4	3,9	26	28,8	31,4	35,2	37,9
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,4	2,2	13	14,5	16	18,1	20,2
	Ao sinotubular (mm)	26,1	3,4	22	23,4	26,3	28,5	31,7
	Ao a supra-aórtico (mm)	13,6	1,9	10,5	12,3	13,6	15,5	16,7
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	26,8	3,7	20,9	24,2	26,9	29,2	33,3
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14	2	10,7	12,4	14,1	15,4	17,3
IIB	N= 229	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	29,8	3,1	25,2	27,6	29,6	31,7	36
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	14,9	1,4	12,6	13,9	14,9	15,7	17,3
	Ao p valvular (mm)	24,8	3,3	19,9	22,6	24,5	26,9	31,1
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,4	1,5	10	11,4	12,5	13,3	14,8
	Ao s de Valsalva (mm)	31,3	3,8	25,3	29,1	31	33,5	38,2
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,7	1,6	13	14,6	15,6	16,7	18,4
	Ao a supra-aórtico (mm)	25,9	3,5	20,3	23,2	26	28,1	31,9
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13	1,5	10,3	11,9	12,9	14	15,5
	Ao asc proximal (mm)	26,2	3,8	20,2	23,6	26,2	28,7	32,7
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,1	1,6	10,2	12	13,1	14,2	16
IIC	N= 338	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	31,9	3,9	26,5	29,4	31,3	34,3	39,1
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,1	1,7	12,7	13,9	15,1	16,2	18,1
	Ao p valvular (mm)	27	3,6	21,6	24,2	26,8	29,2	33,5
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,8	1,7	10,1	11,6	12,8	13,9	15,9
	Ao s de Valsalva (mm)	33,1	4	27,3	30,3	32,8	35,6	40,6
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,8	2	12,5	14,5	15,7	17	18,9
	Ao a supra-aórtico (mm)	27,6	3,8	21,4	25,5	27,4	29,6	33,9
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,2	1,8	10,2	12	13,2	14,3	15,9
	Ao asc proximal (mm)	28,3	4,2	21,3	26	28,1	30,7	35,7
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,5	1,9	10,3	12,2	13,5	14,7	16,6

**Tabla 55. Dimensiones aórticas en deportistas adultos hombres
Deportes ALTO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico**

IIIA	N= 289	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	29,5	2,9	25	27,4	29,4	31,4	34,5
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,3	1,6	12,8	14,1	15,2	16,3	18
	Ao p valvular (mm)	24,5	2,8	19,9	22,5	24,3	26,6	28,9
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,7	1,5	10,2	11,6	12,7	13,8	15,2
	Ao s de Valsalva (mm)	30,6	3,3	25,3	28,4	30,4	32,8	36,4
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,8	1,8	12,9	14,5	15,8	17	18,9
	Ao a supra-aórtico (mm)	25,5	3	20,6	23,4	25,3	27,4	30,7
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,2	1,6	10,6	12	13,2	14,2	15,9
	Ao asc proximal (mm)	25,8	3,2	20,7	23,6	26	27,9	31,2
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,4	1,8	10,7	12,1	13,4	14,5	16,3
IIIB	N= 84	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	30,1	3,3	24,4	28,1	30,2	32,1	36,1
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,8	2	13	14,4	15,7	16,6	19,9
	Ao p valvular (mm)	24,7	2,8	19,3	23	25	26,9	28,8
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13	1,6	10,2	11,6	13	14	15,7
	Ao s de Valsalva (mm)	31	3,1	26	28,8	31	32,9	36,5
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,3	2	13	15,1	16,2	17,2	19,6
	Ao a supra-aórtico (mm)	25,9	3	20,3	24,1	26,1	28,1	30,7
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,7	1,9	9,7	12,6	13,7	14,7	17
	Ao asc proximal (mm)	26,6	3,2	20,8	24,6	26,3	29,1	31,9
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14	2	10,4	12,8	14,1	15,1	17,7
IIIC	N= 443	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	30,5	3,2	25,7	28,1	30,4	32,4	35,9
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	16,2	1,7	13,9	14,9	16	17,1	19,2
	Ao p valvular (mm)	25,9	3,1	20,7	23,8	26	28,1	31,3
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,8	1,7	11,1	12,4	13,8	14,9	17
	Ao s de Valsalva (mm)	32	3,5	26,6	29,6	31,7	34,2	37,9
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	17	2	14,1	15,6	16,8	18,3	20,3
	Ao a supra-aórtico (mm)	26,9	3,3	21,6	24,8	26,7	29,1	32,8
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	14,3	1,8	11,7	13,1	14,1	15,5	17,3
	Ao asc proximal (mm)	27,5	3,6	21,5	25	27,4	29,9	33,5
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14,6	2	11,7	13,2	14,4	15,8	17,9

En las tablas 56, 57 y 58 se muestran las medidas de la aorta en valores absolutos y corregidas por la superficie corporal en los mujeres deportistas, con una edad igual o superior a 16 años, en función de las categorías de componente estático y dinámico de la clasificación de Mitchell. Se presentan las medias, desviación estándar y los percentiles 5, 25, 50, 75 y 95

Tabla 56. Dimensiones aorticas deportistas adultas mujeres Deportes BAJO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico								
IA	N= 75	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,5	2,5	21,6	24,1	25,4	27	30,2
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,5	1,5	13,3	14,3	15,4	16,4	18,1
	Ao p valvular (mm)	21,1	2,7	17,3	19,4	20,6	22,4	25,4
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,9	2,1	10,3	11,7	12,5	14	16,7
	Ao s de Valsalva (mm)	26,2	2,4	22,7	24,5	25,6	27,8	30,3
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16	1,8	13,1	14,8	15,9	17	19,2
	Ao a supra-aórtico (mm)	22,7	2,6	18,4	21	22,8	24,2	26,9
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,9	1,9	11,1	12,4	13,9	14,9	16,9
	Ao asc proximal (mm)	22,9	3,1	18,1	20,5	22,7	25,1	28,4
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14	2,1	11	12,6	14	15,1	18,3
IB	N= 83	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	26,4	2,6	22,6	24,5	26,1	28,1	31,2
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15	1,6	12,5	13,9	14,8	15,8	18,4
	Ao p valvular (mm)	21,6	2,6	17,6	19,4	21,6	23,7	26
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,3	1,4	10,2	11,4	12,1	13,1	15,3
	Ao s de Valsalva (mm)	27,7	3,1	22,7	25,2	27,4	30	33,1
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,7	1,9	12,7	14,3	15,7	17	19,3
	Ao a supra-aórtico (mm)	23,5	2,9	18,9	21,3	23,4	26	28,5
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,3	1,6	10,5	12,3	13,1	14,4	16,3
	Ao asc proximal (mm)	23,8	3	19,2	21,7	23,7	25,8	29,2
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,5	1,8	10,8	12,3	13,2	14,5	17
IC	N= 233	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,5	2,4	21,9	23,9	25,2	27,3	29,9
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,8	1,7	13,5	14,6	15,6	16,9	18,7
	Ao p valvular (mm)	21,5	2,5	17,8	19,6	21,2	23,3	26,1
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,3	1,8	10,7	12	13,1	14,5	16,4
	Ao s de Valsalva (mm)	26,9	2,7	22,7	24,8	27	28,8	31,4
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,7	2	13,9	15,4	16,6	18	20,1
	Ao a supra-aórtico (mm)	22,8	2,8	18,3	20,9	22,7	24,8	27
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	14,1	1,9	11,1	12,8	14	15,3	17,5
	Ao asc proximal (mm)	23,3	3,1	18,3	21,3	23,2	25,4	28,2
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14,4	2	11,1	13,1	14,3	15,6	17,7

Tabla 57. Dimensiones aorticas deportistas adultas mujeres
Deportes MODERADO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico

IIA	N= 20	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,2	2,7	21	23,4	25	26,9	30,9
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	14,9	1,4	11,8	13,7	14,9	15,9	17,9
	Ao p valvular (mm)	22	3,2	15,9	19,9	22,4	24,1	27,7
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13	1,7	8,8	11,9	13	14,3	15,4
	Ao s de Valsalva (mm)	26,4	2,5	22	25	26,9	27,7	30,9
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	15,6	1,5	12,2	14,7	15,6	16,3	18,9
	Ao a supra-aórtico (mm)	22,2	2,6	17,5	19,9	22,1	24,2	26,7
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,1	1,3	10,2	12,1	13,5	14	14,9
	Ao asc proximal (mm)	22,2	2,9	18,4	20,1	21,8	24,6	28
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,1	1,6	10,1	12	13,1	14	17,1
IIB	N= 32	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,8	2,5	22,2	24,5	25,8	27,3	30,1
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,3	1,5	13,2	14,2	15,3	16,1	17,7
	Ao p valvular (mm)	21,4	2,5	17,2	19,8	21,4	23,1	26
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,7	1,6	10,2	11,7	12,6	13,7	15,6
	Ao s de Valsalva (mm)	27	2,8	22,5	25,5	27	28,4	32,1
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16	1,7	13,3	15	15,8	16,8	18,8
	Ao a supra-aórtico (mm)	22,8	2,6	18,7	20,9	22,9	24,5	27,4
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,5	1,6	11,1	12,3	13,5	14,5	16,2
	Ao asc proximal (mm)	23,3	2,9	18,2	21,3	23,4	25,2	28
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	13,8	1,7	10,8	12,6	13,9	14,8	16,5
IIC	N= 211	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	26,9	2,7	22,6	24,9	26,8	28,8	31,7
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,2	1,6	12,6	14,1	15,2	16,1	17,8
	Ao p valvular (mm)	22,7	2,8	18	20,9	22,9	24,5	27,4
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,8	1,6	9,8	11,6	12,8	13,9	15,5
	Ao s de Valsalva (mm)	28,3	2,9	23,4	26,3	28,3	30,1	33
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16	1,7	13,2	14,9	16,1	17,3	19
	Ao a supra-aórtico (mm)	24	2,5	19,8	22,5	24,2	25,6	28,4
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,6	1,5	11	12,5	13,5	14,5	16,2
	Ao asc proximal (mm)	24,8	3	19,5	23	24,9	26,7	29,7
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14	1,8	11,1	12,7	14	15,3	17,2

Tabla 58. Dimensiones aorticas deportistas adultas mujeres Deportes ALTO componente ESTÁTICO y bajo-moderado-alto dinámico								
IIIA	N= 284	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,1	2,5	21,6	23,5	24,9	26,5	29,8
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,4	1,6	13,1	14,2	15,1	16,4	18,2
	Ao p valvular (mm)	21	2,4	17,1	19,3	20,9	22,4	25,1
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	12,9	1,6	10,2	11,6	12,8	14	15,6
	Ao s de Valsalva (mm)	26,5	2,6	22,5	24,5	26,3	28,3	30,9
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,2	1,8	13,2	15	16,3	17,5	19
	Ao a supra-aórtico (mm)	22,4	2,6	18,1	20,8	22,4	24,2	26,7
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	13,7	1,7	11,1	12,4	13,7	14,8	16,6
	Ao asc proximal (mm)	22,8	2,9	17,9	21,1	22,8	24,9	27,4
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14	1,9	11	12,6	14,1	15,1	17
IIIB	N= 64	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	25,4	2,2	22,4	23,4	25,2	26,7	29,6
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,6	1,4	13	14,5	15,9	16,7	17,8
	Ao p valvular (mm)	21,2	2,5	16,9	19,6	21,2	22,8	26,2
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,1	1,6	10	12	13,1	14,4	15,8
	Ao s de Valsalva (mm)	26,8	2,8	23,1	25,1	26,4	28,4	32,8
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,5	1,7	13,6	15,4	16,4	17,9	19,2
	Ao a supra-aórtico (mm)	23	2,7	18,2	21,2	23,4	24,4	27,4
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	14,2	1,7	11,2	12,8	14,2	15,4	16,8
	Ao asc proximal (mm)	23,3	3,1	18,3	21,4	23,6	25,2	28,1
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14,4	2	11	13	14,4	15,4	18,4
IIIC	N=166	Media	DE	P5	P25	P50	P75	P95
	Ao modo M (mm)	26,3	2,2	22,6	24,9	26	28	29,8
	Ao modo M/SC (mm/m ²)	15,8	1,5	13,6	14,7	15,7	16,7	18,6
	Ao p valvular (mm)	22	2,9	17,3	19,7	21,9	24,2	27,4
	Ao p valvular/ SC (mm/m ²)	13,2	1,9	10,4	11,9	13,1	14,2	16,7
	Ao s de Valsalva (mm)	27,6	2,9	23	25,6	27,7	29,9	32,1
	Ao s de Valsalva/ SC (mm/m ²)	16,6	2,1	13,7	15,2	16,3	17,9	20,5
	Ao a supra-aórtico (mm)	23,2	2,8	19	20,9	22,9	25,1	28,5
	Ao a supra-aórtico /SC (mm/m ²)	14	1,9	11,1	12,5	13,8	15,1	18,0
	Ao asc proximal (mm)	23,8	3,2	18,6	21,6	23,5	26,3	28,8
	Ao asc proximal/SC (mm/m ²)	14,3	2,2	10,9	12,8	14,2	15,6	18,1

Finalmente, 66 hombres presentaron aortas mayores de 40 mm (3,2%), de ellos 17 en modo M (0,8%), 38 a nivel de los senos de Valsalva (1,8%) y 6 a nivel de la aorta ascendente proximal (0,3%). A nivel del plano valvular sólo 2 deportistas (0,1%) y del anillo supra-aórtico 3 deportistas (0,1%) presentaron aortas mayores de 40 mm.

De las mujeres 22 presentaron aortas mayores de 34 mm, 6 en modo M (0,5%), 14 a nivel de los senos de Valsalva (1,1%), 2 a nivel de la aorta ascendente proximal (0,1%). Ninguna mujer mostró una dimensión aortica mayor de 34 mm a nivel del plano valvular y de la anillo supra-aórtico.

Hay que reseñar que de los 6 deportistas varones que mostraron una dimensión mayor a 40 mm a nivel de la aorta ascendente proximal, 4 eran jugadores de baloncesto, con una talla que oscilaba entre 195 cm a 222 cm, una SC entre 2,15 m² a 2,92 m² y con un rango de medida a este nivel entre 40,7 mm a 48 mm. Los otros 2 deportistas, uno era ciclista con una SC de 1,66 m² pero la aorta media sólo 40,7mm y el otro era un piragüista con una SC de 1,80 m² y con una dimensión de 42,6 mm.

De las mujeres con una dimensión de la aorta superior a 34 mm a nivel de la aorta ascendente proximal, una era jugadora de baloncesto con una SC de 2,19 m² y la otra una luchadora con una SC de 1,94 m².

Ninguno de ellos han presentado complicaciones cardiovasculares durante el seguimiento.

5.6 Fiabilidad

La fiabilidad intra e interobservador se determinó en 35 deportistas aleatorizados entre los dos principales ecocardiografistas (Tabla 59a y 59b). La fiabilidad intraobservador resultó excelente para todas las variables (valores de CCI entre 0,901 y 0,992) excepto para la aorta ascendente proximal y para la medida de la aorta a nivel del anillo supra-aórtico que presentaron valores de fiabilidad buenos (valores de CCI de 0,835 y 0,714 respectivamente). Por otro lado, la diferencia media entre la primera y la segunda medida en ningún caso superó los 0,51 mm para las medidas de las dimensiones ventriculares y de la aorta. Para el gasto cardiaco la diferencia media fue de 0,13 L/min y para las velocidades de las ondas de llenado mitral no superó los 2,11 cm/s).

Tabla 59a. Fiabilidad Intraobservador, Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) e IC al 95%. Media y desviación estándar de la diferencia entre observadores e IC al 95%

Fiabilidad intraobservador							
	Intervalo de confianza 95%					Intervalo de confianza 95%	
	CCI	Li	Ls	Media	DE	Li	Ls
Aorta modo M (mm)	0,959	0,68	0,938	0,10	1,90	-0,69	0,89
Ao plano Valvular (mm)	0,932	0,847	0,97	-0,51	1,11	-0,97	-0,05
Ao senos Valsalva (mm)	0,921	0,82	0,965	0,10	1,53	-0,53	0,73
Ao anillo supra-aórtico (mm)	0,714	0,351	0,874	0,30	2,41	-0,69	1,29
Ao ascendente proximal (mm)	0,835	0,625	0,927	0,26	2,10	-0,60	1,13
SIV (mm)	0,946	0,878	0,976	-0,11	0,68	-0,39	0,17
Dd (mm)	0,97	0,932	0,987	-0,24	1,39	-0,82	0,33
Pp (mm)	0,901	0,776	0,956	0,28	0,85	-0,08	0,63
Aurícula Izquierda ap (mm)	0,992	0,981	0,996	-0,03	0,83	-0,37	0,31
Aurícula Izquierda si (mm)	0,953	0,892	0,979	-0,16	2,27	-1,10	0,78
Aurícula Derecha si (mm)	0,961	0,912	0,983	-0,27	2,10	-1,14	0,60
Gasto Cardiaco (L/min)	0,958	0,906	0,982	0,13	0,79	-0,19	0,46
Onda E (cm/s)	0,953	0,962	0,993	1,88	4,36	0,08	3,68
Onda A (cm/s)	0,923	0,825	0,966	2,11	5,20	-0,04	4,25

La fiabilidad interobservador resultó excelente para todas las variables (valores de CCI entre 0,903 y 0,983) excepto para las medidas de: aorta en modo M, aorta a nivel del plano valvular, el septo interventricular y la pared posterior del ventrículo izquierdo, la aurícula izquierda en su dimensión antero posterior y la onda A que presentaron valores de fiabilidad buenos (valores de CCI entre 0,703 y 0,882). Por otro lado, la diferencia media entre la primera y la segunda medida en caso de la aorta a nivel del

plano valvular y ascendente proximal supero los 3 mm. Posiblemente esto se debe a que ambos casos no existe acuerdo sobre el protocolo de medición.

Tabla 59b . Fiabilidad interobservador, Coeficiente de Correlación Intraclass (CCI) e IC al 95%. Media y desviación estándar de la diferencia entre observadores e IC al 95%

Fiabilidad interobservador							
	Intervalo de confianza 95%					Intervalo de confianza 95%	
	CCI	Li	Ls	Media	DE	Li	Ls
Aorta modo M (mm)	0,824	0,611	0,923	-0,44	2,23	-1,36	0,48
Ao plano Valvular (mm)	0,776	0,491	0,901	-3,42	1,89	-4,20	-2,64
Ao senos Valsalva (mm)	0,918	0,813	0,964	0,10	1,53	-0,53	0,73
Ao anillo supra-aórtico (mm)	0,912	0,799	0,961	-1,34	1,44	-1,94	-0,75
Ao ascendente proximal (mm)	0,903	0,78	0,957	-3,02	1,73	-3,73	-2,31
SIV (mm)	0,844	0,645	0,931	-0,02	1,07	-0,47	0,42
Dd (mm)	0,962	0,913	0,983	-0,96	1,71	-1,66	-0,25
Pp (mm)	0,703	0,326	0,869	0,21	1,35	-0,35	0,77
Aurícula Izquierda ap (mm)	0,842	0,642	0,931	0,64	3,49	-0,80	2,08
Aurícula Izquierda si (mm)	0,906	0,787	0,959	-0,92	3,09	-2,20	0,36
Aurícula Derecha si (mm)	0,933	0,847	0,97	-0,71	2,77	-1,85	0,43
Gasto Cardíaco (L/min)	0,912	0,8	0,961	0,55	1,09	0,10	0,99
Onda E (cm/s)	0,983	0,962	0,993	0,68	4,19	-1,04	2,41
Onda A (cm/s)	0,882	0,733	0,948	1,05	5,87	-1,37	3,47

DISCUSIÓN

6. Discusión

6.1 Singularidad de la muestra y del estudio

Este estudio se ha realizado sobre una muestra de 4267 deportistas distintos de alta competición, algunos de ellos campeones olímpicos, de ambos sexos, pertenecientes a un amplio abanico de especialidades deportivas (45 disciplinas diferentes). Esto unido al hecho de que todos los estudios cardiológicos se han efectuado en el mismo Centro, y que se dispone de un seguimiento muy largo, que abarca entre un mínimo de 6 meses y un máximo de 17 años y 6 meses, habiendo completado alrededor del 80% la época de alta competición sin incidencias cardiacas, convierten a este estudio en único en la literatura científica mundial.

Aunque existen numerosos estudios ecocardiográficos dirigidos a caracterizar al corazón del deportista, la gran mayoría están centrados en la descripción de las adaptaciones de las cavidades cardiacas, las investigaciones sobre la aorta son muy limitadas no estando definido el efecto que ejerce sobre ella el entrenamiento. Si tenemos en cuenta el metaanálisis realizado por A. Iskandar y P. Thompson⁶² sobre la medida de la aorta en deportistas de competición, de nivel internacional o al menos nacional, que recoge los 23 estudios publicados hasta agosto de 2012, se contabiliza un total 5580 deportistas distintos con un rango de muestra entre 11 y 1403 deportistas.

Este estudio se diferencia con los publicados además de por el tamaño de su muestra y por el nivel de los deportistas incluidos por los siguientes aspectos:

- 1.- Incluye un alto número de mujeres (35,7% del total de la muestra; n=1525). Hay 10 estudios en la literatura que incluyen mujeres deportistas de competición^{2, 53, 66, 67, 72-77}, aunque sólo en 4 se realizaron medidas a nivel del plano valvular^{53, 73, 74, 76}, pero con un escaso número de participantes por lo que no se dispone de medidas de referencia a este nivel en mujeres. Este estudio aportará a la comunidad científica dichos valores.
- 2.- Se han agrupado a los deportistas en función del componente estático (I bajo, II moderado y III alto) y dinámico (A bajo, B moderado y C alto) de la competición siguiendo la clasificación de Mitchell⁴⁶ que aunque discutible es la más aceptada en el mundo de la cardiología del deporte. El hecho de que esté aceptado que es el

componente dinámico el que más influye en las adaptaciones del corazón del deportista nos hizo utilizar este factor a la hora de clasificar a los deportistas. Sin embargo, los trabajos existentes en la literatura agrupan los deportes de una manera muy general como de resistencia aeróbica, de fuerza o mixtos, aunque la mayoría no definen bien el deporte ni las características del mismo. De hecho, en el metaanálisis de Iskandar ⁶² 1506 eran de deportes de resistencia, 425 de fuerza, 213 del grupo mixto y 3436 deportistas estaban incluidos en un grupo heterogéneo con entrenamiento variable no definido.

La tabla 7 se muestra los porcentajes de distribución de la muestra en función del componente estático y dinámico. La mayor parte de los deportistas pertenecían a la categoría III de alto componente estático, 39,8% de los hombres (n=1090) y 43,1% de las mujeres (n=607) y a la categoría C de alto componente dinámico, 58,3% de los hombres (n=1599) y 46,5% de las mujeres (n=709).

3.- Se han realizado cinco medidas de la aorta, una en modo M en un corte intermedio entre el plano valvular y los senos de Valsalva según las normas de la ASE ⁸⁴ y cuatro en 2D a nivel del plano valvular, los senos de Valsalva, el anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente proximal, siguiendo las recomendaciones de M. J. Roman et al ⁸³.

Comparado con los 23 estudios publicados en 11 ^{63-65, 70, 73, 74, 76, 79-82} la única medida de la aorta fue a nivel del anillo valvular y en otros 8 a nivel de los senos de Valsalva ^{2, 66, 67, 69, 72, 75, 77, 78}. Sólo en 4 estudios se habían realizado medidas en el anillo valvular y en los senos de Valsalva ^{45, 53, 71}. De estos el único el estudio que mide la aorta de igual manera es el de A. D'Andrea et al ⁵³, pero su muestra es mucho menor (615 deportistas, 390 hombres y 225 mujeres) y además simplemente clasifica a los deportistas en la categoría de resistencia y de fuerza.

4.- Se ha determinado el consumo de oxígeno máximo por método directo (ergoespiometría), como expresión de la potencia aeróbica máxima del deportista, ya que la valoración cardiológica es parte del reconocimiento preparticipación y aptitud deportiva de la población de alta competición española tutelada por el CSD. Nuestro Centro tiene la peculiaridad de que existe una interrelación directa entre el Servicio de Cardiología y Fisiología del Esfuerzo de tal manera que la prueba de esfuerzo es única,

constando por una parte de la ergometría y por otra de la valoración funcional ergoespirométrica, realizándose una valoración íntegra de la misma. En otros Centros, tanto nacionales como internacionales, están separadas ambas pruebas de esfuerzo, por un lado se realizan las pruebas cardiológicas y por el otro las funcionales. En muchos de ellos incluso las pruebas funcionales no tienen registro electrocardiográfico utilizando un pulsómetro para obtener la FC. Es de señalar que en el Instituto Naziolane di Medicina dello Sport, en Roma, el Centro que más similitud guarda con el nuestro, por un lado hacen una prueba cardiológica clínica y por otro la ergoespirometría destinada únicamente a la valoración funcional. De ahí que en los trabajos de cardiología del deporte no conste los datos funcionales y a su vez en los de fisiología no se aporten datos cardiológicos más allá de la FC o de la presión arterial.

El hecho de que en esta tesis se disponga del consumo de oxígeno y se haya analizado su influencia en las dimensiones aórticas es una característica absolutamente diferencial con el resto de los estudios publicados.

5.- El seguimiento durante dos o más ciclos olímpicos (cada ciclo consta de 4 años) de la mayoría de los deportistas incluidos en el estudio hace que se pueda asegurar que ninguno ha presentado complicaciones cardiovasculares mientras han permanecido en la alta competición. A diferencia con los otros estudios publicados, que no especifican si deportistas con S. de Marfan (21 de los 23) o válvula bicúspide fueron excluidos o incluidos, incluso en dos explícitamente los incluyen ^{2, 75}, en este estudio se han excluido aquellos deportistas con válvula bicúspide, signos marfanoides ¹⁵² o aneurisma de aorta ascendente, gradiente aórtico pico > de 15 mm Hg o insuficiencia aórtica mayor que moderada sin patología valvular.

Todos estos aspectos hacen posible la obtención de baremos de referencia, de gran validez y aplicación en la práctica clínica, que permitirán valorar la aorta de los deportistas en función de su especialidad deportiva y ayudarán en los deportistas con aortas dilatadas a distinguir las adaptaciones de aquellas patologías que pudieran presentar características similares.

6.2 Características biométricas y de entrenamiento

En comparación con los estudios publicados ^{2, 45, 64, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 76, 79-82}, las medias de edad de las mujeres ($20,3 \pm 5,4$ años) y de los hombres ($22,2 \pm 6,2$ años), la talla ($166,2 \pm 8,6$ cm y $179,3 \pm 10,1$ mm respectivamente) y la SC ($1,65 \pm 0,18$ m² y $1,93 \pm 0,22$ m² respectivamente) fueron muy similares.

Ello unido a la coincidencia en varias de las especialidades deportivas estudiadas nos permite establecer comparaciones entre las diferentes variables analizadas.

En cuanto a los años y horas de entrenamiento cabe mencionar la dificultad para llevar a cabo la recogida de estos datos mediante un procedimiento estándar, de ahí que en los trabajos publicados antes referidos falten en la mayoría de ellos. Conviene aclarar que aspectos tales como la gran diversidad de especialidades y por tanto de tipos de entrenamiento, las diferencias en el número de deportistas entre especialidades y categorías, hacen que los valores medios deban ser interpretados con cierta cautela. Dentro de las especialidades más técnicas (golf, tiro con arco, tiro olímpico, esgrima, etc.) es posible encontrar una gran variedad en el tiempo dedicado a la preparación física. En otras como el montañismo, la gran heterogeneidad de la muestra obedece a considerables diferencias tanto en la edad y SC, como en el historial deportivo y/o las técnicas, intensidad y tiempo de dedicación al entrenamiento. Es de señalar que en ambos sexos son precisamente la gimnasia y el golf, dos especialidades incluidas en la categoría de bajo componente dinámico, las que dedican un mayor número de horas diarias.

Aun así estos datos se han incluido entre los resultados porque teniendo siempre en cuenta los aspectos mencionados, pueden ser orientativos para dar una idea del nivel deportivo de la muestra, ya que la media de años y de horas de entrenamiento semanales, tanto en mujeres como en hombres, están entorno a los 8 años y a unas 19 horas semanales. Es interesante observar cómo la media de años de entrenamiento tanto de las mujeres (7,7 años) como de los hombres (8,6 años) es muy similar a la del grupo de 600 mujeres del estudio de Pelliccia et al². En ninguno de los estudios de este grupo se ofrecen datos relativos a las horas diarias de entrenamiento.

En cuanto a la FC como signo de adaptación al entrenamiento, los resultados muestran unos valores similares a los de la literatura^{2, 29, 56}. La media de la FC se encuentra en el rango de la normalidad ($63,5 \pm 11,2$ lpm. en las mujeres y $59,6 \pm 10,6$ lpm en los hombres), sin embargo la FC en las mujeres es ligeramente superior a la de las deportistas del estudio de Pelliccia et al.² que presentaban 59 ± 11 lpm (tabla 9).

Tanto en las mujeres como en los hombre la FC fueron inferiores a los correspondientes a grupos control de sedentarios de diferentes estudios ($66-70$ lpm)^{2, 29, 56}.

6.3. Características de las variables morfométricas cardiacas secundarias a la adaptación de tipo aeróbico

El llamado corazón del deportista está definido además de por la bradicardia y los signos de vagotonía por la hipertrofia fisiológica del ventrículo izquierdo (VI) y por la dilatación global armónica de las cuatro cavidades cardiacas.

6.3.1 Espesores parietales

Los valores medios de los espesores parietales son ligeramente superiores a los de sujetos sedentarios de los grupo control de los estudios de Fagard, Pelliccia y Perrault^{2, 29, 42, 56}, pero ligeramente inferiores a los de los deportistas de los estudios del metaanálisis de Iskandar y Thompson⁶². Lo valores medios del SIV y de la Pp son ligeramente inferiores a los del grupo de Pelliccia^{3, 42, 160}, tanto en las mujeres ($7,6$ y $7,4$ frente a $8,1$ y $7,8$ mm), como en los varones ($9,0$ y $8,8$ frente a $10,1$ y $9,4$ mm). Si comparamos estos resultados con los de los principales metaanálisis, el valor medio del SIV y de la Pp de los deportistas varones de la categoría C de alto componente dinámico también es ligeramente inferior al obtenido por Perrault⁵⁶(1994) y Pluim³¹ $9,3$ y $9,0$ mm respectivamente frente a $10,2$ mm.

Los espesores parietales medios encontrados en los deportistas varones de especialidades de fuerza como halterofilia, lanzamientos, judo, etc. incluidos en la categoría III A de Mitchell (alto componente estático y bajo dinámico) también se encuentran dentro de los límites normales de la población general, $8,5$ y $8,3$ mm.

Tanto en los deportista analizados por el grupo de Pelliccia^{4, 57} como los de los metaanálisis de Perrault⁵⁶ y de Fagard²⁹ también muestran espesores parietales ligeramente más gruesos (de 0,5 a 1 mm) que los de nuestros deportistas de esas mismas especialidades, aunque sin llegar a superar en ningún caso el límite de normalidad de 12 mm. No parece por tanto que el incremento de la postcarga asociado al entrenamiento de fuerza sea de suficiente intensidad y duración como para producir más que un ligero engrosamiento de los espesores parietales^{57, 134}.

Por tanto, y de acuerdo con los resultados de algunos de los estudios con mayor número de deportistas^{3, 4, 57, 134, 160} y con nuestros propios resultados, no parece necesario elevar el límite superior de la normalidad para los espesores parietales del ventrículo izquierdo más allá del percentil 95 de los deportistas de la categoría III C (alto componente estático y dinámico de la categoría de Mitchell, 10 mm para las mujeres y 11 mm para los hombres).

6.3.2 Diámetros, volúmenes y masa del VI

Teniendo en cuenta que los espesores parietales del corazón entrenado son sólo ligeramente más gruesos que los de individuos no deportistas, el incremento en el valor de MVI debe estar relacionado con un aumento en el tamaño de la cavidad del VI. Los valores medios para el Dd del VI son mayores que los de sujetos no deportistas^{2, 29, 56} y similares a los de los deportistas del grupo de Pelliccia^{2, 3, 42} 48,8 frente a 48,9 mm en las mujeres, y 54,5 frente a 54,2 mm en los varones.

De acuerdo con la idea de que son los deportes de resistencia aeróbicos con predominio del componente dinámico los que producen un mayor aumento en las dimensiones de las cavidades del corazón entrenado, el valor medio del Dd del VI de los deportistas varones de la categoría C (alto componente dinámico) es ligeramente superior al obtenido por Perrault y Turcotte⁵⁶ en su metaanálisis de estudios sobre deportistas de resistencia (55,4 frente a 53,5 mm).

Los valores medios del Dd de los deportistas varones de especialidades de fuerza ($51,5 \pm 3,7$ mm) tales como la halterofilia, los lanzamientos, culturismo y lucha de la categoría IIIA (alto componente estático y bajo dinámico) son inferiores a los obtenidos por Pelliccia et al.⁵⁷ y por Fagard²⁹ y Perrault⁵⁶ en sus meta análisis (54,9

mm, 53,2 mm y 54,9 mm respectivamente). Esto corrobora que el entrenamiento estático de alta intensidad produce pocas adaptaciones morfológicas cardíacas.

Los deportistas incluidos en la categoría C de alto componente dinámico, figuran como los que presentan unas mayores dimensiones de la cavidad ventricular izquierda (Dd y VTD) y masa del VI en valores absolutos tanto en hombres como en mujeres. Sin embargo, cuando se corrige por la SC en los hombres este hecho se mantiene pero las mujeres se igualan con las de la categoría A. La explicación puede estar en que en esta categoría se encuentran las gimnastas y yudocas que dedican muchas horas al entrenamiento aeróbico durante su preparación.

Finalmente coincidiendo con los estudios de Pelliccia ⁴² el límite superior para el Dd del VI en deportistas jóvenes de alto nivel se colocaría en los valores correspondientes al percentil 95 del grupo C en 57 y 63 mm en mujeres y varones respectivamente, y en 35 mm/m² para el Dd/SC en ambos sexos. Estos valores pueden servir como referencia en la valoración de las adaptaciones extremas del corazón del deportista.

Los valores medios de la MVI/SC son mayores que los de sujetos sedentarios del estudio de Pelliccia et al. del año 96 ¹⁶⁰ y similares a los de los deportistas del grupo de Pelliccia et al. del año 92 ⁴² y de Spirito et al. ³, 73,5 ± 14,4 g/m² frente a 80 g/m² en las mujeres, y 94,6 ± 19,6 g/m² frente a 105 gr·m⁻² en los hombres.

Estos valores hacen reconsiderar los límites superiores de normalidad de MVI/SC en la población de deportistas de alta competición, para lo cual los valores correspondientes al percentil 95 del grupo C (106 gr/m² en las mujeres y 134 gr/m² en los hombres) pueden servir como referencia.

Estos resultados están de acuerdo con la mayoría de los estudios publicados ^{3, 15, 17, 29, 42, 49, 51, 55, 56, 91, 101, 103, 160} lo que viene a confirmar que son las largas e intensas sesiones de entrenamiento en actividades con predominio del trabajo muscular de tipo dinámico y una demanda energética de tipo aeróbico, donde el corazón debe mantener un gasto cardíaco elevado durante un tiempo prolongado, las que producen unos espesores parietales más gruesos, unas cavidades de mayor tamaño, y por tanto unos valores más elevados de MVI.

6.3.3 Dimensiones auriculares

Los valores medios de AI-ap en los deportistas de este estudio, son ligeramente superiores a los de sujetos sedentarios del grupo de Pelliccia et al. de 1996² y similares a los de los deportistas del grupo de Pelliccia et al. 1991 y 1996^{4, 160} y Spirito et al.³ 31,7 y 35,2 mm frente a 32,2 y 36,9 mm en mujeres y hombres respectivamente.

Los valores medios de la AI-ap de los deportistas varones de especialidades de fuerza incluidos en la categoría IIIA ($33,4 \pm 4,3$ mm), son también muy similares a los obtenidos por Pelliccia et al.⁵⁷ en deportistas de esas mismas especialidades (33 mm). Los valores correspondientes al percentil 95 de la categoría C dejarían los límites superiores de normalidad en los mismos 39,5 mm para las mujeres y en 43,5 mm para los hombres.

Se presentan los valores medios de ambas aurículas en su dimensión supero inferior (AI-si y AD-si), que valora el diámetro longitudinal desde la proyección de cuatro cámaras apical. Sin embargo hay muy pocos estudios que valoren estas dimensiones con los que poder compararlos, salvo de la propia doctoranda y de su equipo^{51, 161}. Los valores correspondientes al percentil 95 de las dimensiones supero-inferiores de la aurícula izquierda y derecha de la categoría C está respectivamente en 57,2 y 58,9 mm para las mujeres y en 62,1 y 64,4 mm en los hombres.

Estos hallazgos vienen de nuevo a confirmar que las adaptaciones cardíacas del corazón del deportista se producen a costa de un proceso de remodelación global con crecimiento armónico de todas las cavidades cardíacas, que es más manifiesto en las especialidades de alto componente dinámico.

6.3.4 Velocidades de llenado mitral, gasto cardiaco y consumo de oxigeno

Los valores medios de las onda E y A de llenado mitral están en el rango normal de la población general, tanto en las mujeres como en los hombres (onda E $92,4 \pm 13,8$ cm/s y $87,2 \pm 14,5$ cm/s y onda A $43,4 \pm 10,8$ cm/s y $44,9 \pm 12,3$ cm/s respectivamente). Estos valores son similares a los presentados por D'Andrea⁵³, onda E 86 ± 15 cm/s y onda A 45 ± 33 cm/s.

El gasto cardiaco calculado por doppler pulsado a nivel del tronco de la arteria pulmonar se encuentra elevado en sus valores medios, tanto en mujeres como en hombres, $6,8 \pm 1,6$ y $8,1 \pm 1,9$ L/min respectivamente. A diferencia con otros valores presentados anteriormente no hay diferencias entre las distintas categorías dinámicas.

Es de reseñar que este dato no se da en los trabajos publicados, por lo que no se pueden establecer comparaciones. La objeción a este cálculo radica en que está sujeto a mucho error porque interviene la medida del tronco de la arteria pulmonar en función cuadrática, y la dificultad en obtener esta medida de una manera precisa hace que el error pueda ser muy grande. En este estudio los ecocardiografistas han sido entrenados para tomar esta medida y así el error intra e interobservador demuestra un CCI (Coeficiente de correlación interclase) excelente de 0,958 y 0,912 respectivamente.

En cuanto al consumo máximo de oxígeno, también es un dato que no aparece en los estudios publicados sobre las adaptaciones cardiacas del corazón de deportista, con lo cual tampoco se pueden hacer comparaciones. Los valores medios del VO_2 máx se encontraban en valores de $48,5 \pm 7,5$ ml/Kg/min y $57,3 \pm 8,7$ ml/kg/min en mujeres y hombres respectivamente. Como era de esperar, los deportistas de la categoría C son los que presentaban los valores más altos de $51,5 \pm 7,1$ ml/Kg/min y $60,4 \pm 8,2$ ml/kg/min en mujeres y hombres respectivamente.

6.4 Medidas ecocardiográficas de la raíz de aorta

6.4.1 Dimensiones de la aorta en modo M y 2D

Los valores medios de la aorta en todos los planos medidos, tanto en mujeres como hombres, se encontraron dentro del rango de la normalidad para la población general, tanto en valores absolutos como corregidos por la superficie corporal^{83, 84}. La menor dimensión de la aorta se correspondió con la medida a nivel de plano valvular, $21,3 \pm 2,7$ mm en mujeres y $24,9 \pm 3,3$ mm en los hombres, mientras que la mayor se encontró a nivel de los senos de Valsalva, $26,7 \pm 3$ y $31,0 \pm 3,7$ mm en mujeres y hombres, respectivamente.

Los valores a nivel de los senos de Valsalva en hombres son similares a los obtenidos por Iskandar y Thompson en su metaanálisis⁶² que encontraron un valor de 31,6 mm (IC del 95% de 30,2 -33,1). En las mujeres los valores son superiores, 26,7 mm frente a 25,1 mm, aunque están dentro del rango dado (IC del 95% 22,9-27,3).

A nivel del plano valvular los valores hallados en los hombres en este estudio son muy inferiores a los obtenidos en el citado metaanálisis, 24,9 mm frente a 30,8 mm (IC 29,9-31,8). Esta diferencia probablemente se deba al método de medida, ya que en este estudio se obtiene de manera directa en 2D, colocando el cursor en el borde anterior y posterior de la pared de la aorta justo encima de la inserción de los velo aórticos, mientras que en los estudios del metaanálisis se midieron en modo M. Al no estar definido en los mismos si lo median a partir de M diferido del 2D o por lo contrario por M directo, no se puede asegurar que esta medida que corresponda exactamente al plano valvular pudiendo existir una diferencia de hasta 2-3 mm⁸⁴.

Por otro lado, en nuestro estudio las dimensiones en los hombres de la aorta en modo M tuvieron un valor intermedio de $29,8 \pm 3,4$ mm, como se corresponde con un corte del cursor entre el plano valvular y los senos de Valsalva, siendo estos valores similares a los dados por Iskandar a nivel del plano valvular. En las mujeres las dimensiones en modo M fueron de $25,5 \pm 2,6$ similares a las dadas por Iskandar a nivel de los senos de Valsalva (25,1 mm con IC de 22,9-27,5). Esto corrobora la hipótesis de que la diferencia en las medidas es secundaria al método de obtención. Finalmente, el metaanálisis no dispone de las medidas en las mujeres a nivel del plano valvular por lo que no se pueden establecer comparaciones.

Las dimensiones de la aorta a nivel del anillo supraaórtico, $22,6 \pm 2,8$ en las mujeres y $25,8 \pm 3,5$ en los hombres, son similares a las del plano valvular, como es de esperar cuando la morfología de la aorta está conservada manteniendo su imagen característica. Los valores medios de la aorta ascendente proximal, $23,1 \pm 3,2$ mm en las mujeres y $26,2 \pm 3,8$ mm en los hombres, fueron ligeramente mayores que los del anillo supraaórtico y el plano valvular, como se corresponde con una medida realizada en el extremo más distal de la imagen en 2D de la raíz de la aorta en el eje largo paraesternal.

En estas medidas solo se puede establecer comparaciones con el estudio de D'Andrea et al.⁵³ que también mide la aorta en 2D en los mismos planos que esta tesis. Las dimensiones medias de los 615 deportistas analizados (390 hombres y 225 mujeres) fueron 31 mm (rango 26-37 mm) a nivel del anillo supra-aórtico y 33 mm (rango 28-39 mm) a nivel de la aorta ascendente proximal. Se podría pensar que las diferencias pudieran ser debidas a la distinta muestra, una población deportiva general en esta tesis contra deportistas seleccionados de resistencia y de potencia (este autor estudio a 370 deportistas con un entrenamiento de resistencia y 245 con un entrenamiento de potencia). En este sentido cuando se comparan estos resultados con nuestro grupo de la categoría III (alto componente estático) sigue existiendo diferencias muy llamativas 31 mm frente a $24,3 \pm 3,6$ mm a nivel del anillo supra-aórtico y 33 mm frente a $24,7 \pm 3,9$ mm a nivel de la aorta ascendente proximal).

Las diferencias son tan grandes (6,7 mm para el anillo supra-aórtico y 8,3 mm para la aorta ascendente) que no son aceptables, porque las dimensiones de la aorta tienen una distribución normal con un rango intercuartilico muy estrecho. Los percentiles 75 y 95 de los hombres de la categoría IIIC (alto componente estático y dinámico) se encuentra a nivel del anillo supra-aórtico en 29,1 y 32,8 mm respectivamente, y a nivel de la aorta ascendente en 29,9 y 33,5 mm respectivamente. Por tanto, las dimensiones dadas por D'Andrea están por encima del p75 a nivel del anillo supra-aórtico y en p95 a nivel de la aorta ascendente. Además, estos autores no dan la desviación estándar con lo que no se puede saber la dispersión de la muestra. En consecuencia, estas medidas hay que considerarlas con suma precaución.

Finalmente, es necesario hacer notar, que si solo se realiza una medida de la raíz de aorta a nivel del plano valvular, como lo hacen 11 de los 23 estudios del metanálisis de Iskandar^{63-65, 70, 73, 76, 79-82, 106}, ciertamente se está infravalorando el tamaño de la aorta. Por otro lado, los estudios que dan como única medida la realizada a nivel de los senos de Valsalva, como lo hacen 8 de los estudios de este metaanálisis^{2, 66, 67, 69, 72, 75, 78, 121}, pueden sobredimensionar los resultados en 1 o 2 mm, si se comparan con las medida de referencia de la ASE⁸⁴ que se corresponde con la obtenida en un corte modo M intermedio entre el plano valvular y los senos de Valsalva. Esto

puede llevar a un error de interpretación ya que esta medida es la manera más universal de medir la aorta en los laboratorios de ecocardiografía clínica.

Sin embargo, solo si se realizan medidas de la raíz de aorta en 2D en el eje largo paraesternal, se podrá tener la certeza de que no se dejan de diagnosticar dilataciones de la raíz de aorta distales al anillo supra-aórtico que pueden constituir riesgo de sufrir complicaciones cardiovasculares por rotura o disección aórtica. De ahí el interés de realizar estas medidas en los deportistas especialmente en los que practican deportes que producen una gran sobrecarga hemodinámica, como la halterofilia, lanzamientos, culturismo, lucha y similares en los que se producen picos hipertensivos o los que muestran un gasto cardíaco y retorno venoso muy aumentado como el boxeo, remo, piragüismo, ciclismo, triatlón y similares.

6.4.2 Influencia del componente dinámico en las medidas de la aorta en función del sexo

En relación con la influencia del componente dinámico en la raíz de la aorta, los hombres presentaron unas dimensiones mayores que las mujeres en todos los planos con un rango que iba desde 2,8 a 4,1 mm. Estas diferencias están en consonancia con los resultados de Iskandar y Thompson ⁶² que encontraron que los hombres tenían una dimensión mayor que las mujeres de 4,1 mm a nivel del plano valvular aórtico ($p=0,04$) y de 4,7 mm a nivel de los senos de Valsalva aunque en este caso no fue significativa ($p=0,23$).

Los deportistas de la categoría C (alto componente dinámico) tenían aortas mayores a todos los niveles que los de la categoría B (moderado componente dinámico), y estos a su vez mayores que los de la categoría A (bajo componente dinámico), como se puede observar en las tablas 32, 34, 36, 38 y 40.

Sin embargo, cuando estas dimensiones se corrigen por la SC no existen diferencias entre hombres y mujeres a nivel de la medida en modo M y se amortiguan las diferencias a nivel del plano valvular. Curiosamente en el resto de los planos se invierte la relación siendo mayores las medidas en las mujeres que en los hombres.

Poca o casi ninguna información existe sobre el comportamiento de la aorta en función del componente dinámico de los deportes. En el estudio de Iskandar y Thompspon⁶² en el subgrupo de deportistas de resistencia aeróbica los hombres presentaban una medida a nivel del plano valvular de 2,2 mm mayor que los controles ($p=0,03$). Sin embargo, no pudieron establecer las diferencias a nivel de los senos de Valsalva debido a la escasa información aportada por los estudios del metaanálisis.

En resumen, parece que el tamaño corporal influye en el tamaño de la aorta y por lo que en valores en absolutos la aorta de los hombres es mayor que la de las mujeres. Sin embargo, cuando se corrige por la SC, estas diferencias desaparecen para la medida de la aorta modo M y se amortiguan el plano valvular siendo mayor la aorta de las mujeres en el resto de los planos. Los deportes de alto componente dinámico son los que más adaptaciones producen. El hecho que los deportistas de la categoría A (bajo dinámico) tengan aortas mayores que los de la B (moderado dinámico) se puede atribuir a que los deportes de esta categoría son más técnicos y realizan menor entrenamiento aeróbico. También es posible que algunos deporte de la categoría A estén mal catalogados (ej. las artes marciales) porque aunque durante la competición el VO_2 sea bajo, requieren entrenar aeróbico para poder tener una forma física que les permita aguantar las diferentes pruebas eliminatorias.

6.4.3 Influencia del componente estático en las medidas de la aorta en función del sexo.

En relación con el componente estático los hombres presentaron unas dimensiones mayores que las mujeres en todos los planos, con un rango que iba desde 3,0 a 4,3 mm.

Los deportistas de la categoría II (moderado componente estático) tenían aortas mayores a todos los niveles que los de la categoría III (alto componente estático) y que los de la categoría I (bajo componente estático, pero no había diferencias entre las aortas de las categorías I y III).

Sin embargo, cuando estas dimensiones se corrigen por la SC no existen diferencias entre hombres y mujeres excepto a nivel del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente donde, curiosamente la relación se invierte otra vez, siendo significativamente mayores las medidas en las mujeres que en los hombres. Cuando se tiene en cuenta la categoría estática, los del grupo II (moderado estático) tienen dimensiones significativamente menores en todos los planos que los del grupo III y I (alto y bajo estático), pero no se encontraron diferencias entre las aortas de las categorías I y III.

También poca o casi ninguna información existe sobre el comportamiento de la aorta en función del componente estático de los deportes. En el estudio de Iskandar y Thompsom⁶² en el subgrupo de deportistas de fuerza los hombres presentaban a nivel del plano valvular una dimensión 1,5 mm mayor que los controles pero sin significación estadística ($p=0,13$). Tampoco pudieron establecer diferencias a nivel de los senos de Valsalva debido a la escasa información aportada por los estudios del metaanálisis.

En resumen, cuando se tiene en cuenta el componente estático del deporte parece que el tamaño corporal influye en el tamaño de la aorta y por lo que en valores absolutos la aorta de los hombres es mayor que la de las mujeres. Sin embargo, cuando se corrige por la SC, estas diferencias desaparecen excepto para la medida de la aorta a nivel del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente, planos en los que la aorta de las mujeres es mayor que la de los hombres. Los deportes de la categoría II (moderado estático) son los que tienen la dimensiones más pequeñas corregidas por la SC probablemente porque se incluyen en esta categoría deportes con gran tamaño corporal como el baloncesto, el rugby y la natación. El hecho que los deportistas de la categoría I (bajo estático) tengan aortas iguales a los de la III (alto estático) se puede atribuir a que en el grupo I se encuentran deportes que aunque en la competición tengan un bajo componente estático requieren de un entrenamiento de fuerza alto, como puede ser el tenis, el squash, el hockey hierba o el fútbol.

6.5 Factores determinantes del tamaño de la aorta

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto los deportistas de este estudio presentan adaptaciones al entrenamiento propias del llamado corazón del deportista, que se manifiesta por el aumento de la dimensión diastólica, el volumen telediastólico y la masa del VI, así como de las dimensiones auriculares. La aorta también muestra una dimensión mayor y la cuestión es determinar cuáles son los factores más influyentes y si guarda relación con alguna de las variables antropométricas o de entrenamiento. En el análisis de la correlación de las diferentes medidas de la aorta con el resto de las variables analizadas se observó que la masa del VI era la variable más influyente, participando tanto en la medida en modo M como 2D con una varianza acumulada entre el 26,9% y el 42,6%. Este hallazgo parece lógico ya que la hipertrofia ventricular izquierda es un signo de adaptación aeróbica. La siguiente variable predictora fue la edad que también influye en todos los planos aórticos pero sin sobrepasar el 8,8% de varianza acumulada. La SC influye en todas las medidas menos en los senos de Valsalva con un grado de participación del 6,5%. Sorprendentemente ni el consumo de oxígeno ni el gasto cardiaco parecen influir en el tamaño de la aorta, tal vez porque estas dos variables, que están aumentadas en los individuos entrenados, tienen a su vez un componente multifactorial.

Algunos trabajos han puesto de manifiesto la influencia de la SC en el tamaño la aorta y de hecho la ASE utiliza el normograma de M.J. Roman⁸³ para establecer los límites de la normalidad. Sin embargo, otros autores sugieren la presencia de un plateau de la SC y la talla en deportistas con grandes dimensiones^{53, 85, 86, 162}. Estos autores consideran que aortas mayores a 40 mm son muy poco frecuentes con una incidencia entre el 0,26% y el 1,2%. Esta sugerencia está en consonancia con los resultados de esta tesis en la que los deportistas de la categoría II de Mitchell, que incluye deportistas de gran talla, no presentan aortas dilatadas en valores absolutos, y además son los que tienen las aortas más pequeñas corregidas por la SC.

Por este motivo, hay que enfatizar la importancia de no atribuir las dilataciones de la aorta simplemente al entrenamiento o al tamaño corporal.

6.6 Valores de referencia para la aorta en deportistas españoles

En este estudio los resultados globales de la valoración de las adaptaciones al entrenamiento, que ha incluido el análisis morfométrico y funcional del ventrículo izquierdo, de ambas aurículas, del gasto cardiaco y del consumo de oxígeno están en consonancia con los hallazgos publicados en la literatura. Cuando se analizó la muestra en función del componente dinámico de los deportes los resultados fueron totalmente congruentes con los publicados. Sin embargo, cuando se hizo teniendo en cuenta el componente estático los valores resultaron inferiores, aunque estos trabajos son muchos menos consistentes que los publicados para el componente dinámico. De cualquier manera, los resultados globales confirman que se trata de una muestra de deportista altamente entrenados.

Los resultados son robustos desde el punto de vista de la significación estadística. Por tanto, se pueden elaborar baremos con las medidas de la aorta que sirvan como valores de referencia aplicables a la población de deportista. Para la elaboración de estos baremos se ha tenido en cuenta que los deportistas hayan completado su desarrollo madurativo (mujeres mayores de 16 años y hombres mayores de 18 años), obviándose así la influencia del crecimiento en las dimensiones aorticas¹¹¹.

La utilización de estos baremos es muy sencilla teniendo una aplicación clínica muy clara. Bastará con conocer en primer lugar la SC del deportista para poder indexar los valores obtenidos en la ecocardiografía de las dimensiones de los planos valvulares, y en segundo lugar el tipo de deporte practicado para incluirlo en una de las categorías de la clasificación de Mitchell. Una vez conocidos estos datos se acudirá a la tabla correspondiente para situarlo en el percentil adecuado. Si los valores se encuentran fuera del percentil 95 no se deberá atribuir la dimensiones de la aorta simplemente al entrenamiento, y se deberá iniciar el estudio para descartar patologías que cursan con dilatación aórtica y que pueden producir complicaciones cardiovasculares con el deporte.

En los casos dudosos se puede además realizar el cálculo del Z-score para cada medida y de esta manera se podrá conocer que porción de la aorta está dilatada.

Especial interés tiene este cálculo en el caso de las válvulas aórticas bicúspides que pueden cursar con afectación de la capa media de la aorta con el consecuente riesgo de rotura o disección durante la práctica deportiva a alta intensidad. En estos casos es fundamental conocer si la aorta está dilatada o no para poder conceder la aptitud deportiva a nivel competitivo.

Para el cálculo del Z-score bastará restar al valor de las medidas de los planos aórticos obtenidos en la ecocardiografía el valor medio correspondiente a la categoría de Mitchell donde está incluido el deporte, y dividirlo por la desviación estándar. Si el valor obtenido es superior a 2 se puede considerar que la aorta está dilatada a ese nivel y que no se puede atribuir al tamaño del individuo ni al deporte practicado.

6.7 Limitaciones

Una de las limitaciones de esta Tesis es haber utilizado la clasificación de Mitchell para catalogar los deportes, ya que esta clasificación sólo tiene en cuenta el componente dinámico y estático de los deportes durante la competición. La mayoría de los deportes a nivel competitivo, incluso los más estáticos como pueden ser los lanzamientos, las artes marciales o el alpinismo, necesitan entrenar la capacidad aeróbica. A su vez, los puramente dinámicos como pueden ser el voleibol, atletismo fondo, la marcha atlética, el tenis o el fútbol necesitan entrenar la fuerza para poder tener mínimamente compensadas las otras cualidades de la forma física. Por tanto, no hay deportes puros que sólo entrenen el componente estático o el dinámico.

Otra limitación es que no se tiene grupo control por lo que se han tomado como valores referencia los normogramas de la Sociedad Americana de Ecocardiografía.

Por último, no se dispone del seguimiento evolutivo de los deportistas tras finalizar la etapa de alta competición, por lo que se desconoce si ha habido una involución en las medidas de la aorta con el desentrenamiento.

CONCLUSIONES

7. Conclusiones

1. Los valores medios de las dimensiones de la aorta en modo M y en los cuatro planos de corte en 2D se encuentran dentro del rango de la normalidad para la población general, tanto en valores absolutos como corregidos por la superficie corporal.
2. El tamaño corporal influye en la dimensión de la aorta, por lo que en valores absolutos los hombres tienen medidas aórticas mayores que las mujeres. Sin embargo, cuando se corrigen por la SC las diferencias desaparecen e incluso se hacen mayores para las mujeres a nivel del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente.
3. Los deportistas con gran tamaño corporal son los que tienen las aortas más grandes en valores absolutos, pero cuando se corrigen por la SC los valores se normalizan.
4. La raíz de la aorta no tiene el mismo grado de adaptación fisiológica al entrenamiento que el resto de las cavidades cardíacas. La aorta apenas se dilata con el entrenamiento dinámico y prácticamente no se modifica con entrenamiento estático.
5. Los deportes de alto componente dinámico son los que muestran la aortas mayores en todos los planos aórticos aunque el efecto del entrenamiento es pequeño, estando la mayoría de los deportistas dentro del rango normal.
6. La menor dimensión de la aorta se corresponde con el plano valvular, probablemente debido a que es parte del esqueleto fibroso del corazón, y por ello sufre menos remodelado con el entrenamiento.
7. El consumo de oxígeno y el gasto cardíaco parecen no asociarse con el tamaño de la aorta.
8. La masa del ventrículo izquierdo es la variable más influyente en el tamaño de la aorta, seguida de la edad y de la superficie corporal.
9. No se pueden atribuir marcadas dilataciones de la raíz de la aorta simplemente a la estatura, superficie corporal o al entrenamiento, ya que una mínima parte de nuestros deportistas presentaban aortas mayores de 40 mm en los hombres

y de 34 mm en las mujeres. Por tanto parece razonable que ante una aorta de estas dimensiones se inicien estudios para descartar patología.

10. La medida de la aorta mediante eco 2D a nivel del plano valvular, de los senos de Valsalva, del anillo supra-aórtico y de la aorta ascendente debería implantarse dentro del protocolo de estudio ecocardiográfico de los deportistas. De esta manera se podrá hacer el despistaje de dilataciones de la aorta por encima del anillo supra-aórtico que pudieran ser susceptibles de complicaciones cardiovasculares.

BIBLIOGRAFIA

8. Bibliografia

1. Zeppilli P. *Cardiologia dello Sport*. 4 ed. Roma: CESI; 2007.
2. Pelliccia A, Maron BJ, Culasso F, Spataro A, Caselli G. Athlete's heart in women. Echocardiographic characterization of highly trained elite female athletes. *JAMA*. 1996; 276(3): 211-5.
3. Spirito P, Pelliccia A, Proschan MA, Granata M, Spataro A, Bellone P, et al. Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am J Cardiol*. 1994; 74(8): 802-6.
4. Pelliccia A, Maron BJ, Spataro A, Proschan MA, Spirito P. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med*. 1991; 324(5): 295-301.
5. Baggish AL, Wood MJ. Athlete's heart and cardiovascular care of the athlete: scientific and clinical update. *Circulation*. 2011; 123(23): 2723-35.
6. Henschen SE. Skilanglauf und Skiwettkampf. Eine Medizinische Sportstudie. *Med Klin*. 1898; 2(15): 1-74.
7. Keys A, Friedell HL. Size and Stroke of the Heart in Young Men in Relation to Athletic Activity. *Science*. 1938; 88(2289): 456-8.
8. Gott PH, Roselle HA, Crampton RS. The athletic heart syndrome. Five-year cardiac evaluation of a champion athlete. *Arch Intern Med*. 1968; 122(4): 340-4.
9. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med*. 1975; 82(4): 521-4.
10. Raskoff WJ, Goldman S, Cohn K. The "athletic heart". Prevalence and physiological significance of left ventricular enlargement in distance runners. *JAMA*. 1976; 236(2): 158-62.
11. Roeske WR, O'Rourke RA, Klein A, Leopold G, Karliner JS. Noninvasive evaluation of ventricular hypertrophy in professional athletes. *Circulation*. 1976; 53(2): 286-91.
12. Devereux RB, Reichek N. Echocardiographic determination of left ventricular mass in man. Anatomic validation of the method. *Circulation*. 1977; 55(4): 613-8.
13. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol*. 1986; 57(6): 450-8.
14. Devereux RB, Casale PN, Kligfield P, Eisenberg RR, Miller D, Campo E, et al. Performance of primary and derived M-mode echocardiographic measurements for detection of left ventricular hypertrophy in necropsied subjects and in patients with systemic hypertension, mitral regurgitation and dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 1986; 57(15): 1388-93.
15. Maron BJ. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1986; 7(1): 190-203.
16. Devereux RB. Detection of left ventricular hypertrophy by M-mode echocardiography. Anatomic validation, standardization, and comparison to other methods. *Hypertension*. 1987; 9(2 Pt 2): II19-26.
17. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WD, Reichek N. Different effects of prolonged exercise on the right and left ventricles. *J Am Coll Cardiol*. 1990; 15(1): 64-9.
18. Maron BJ, Pelliccia A, Spataro A, Granata M. Reduction in left ventricular wall thickness after deconditioning in highly trained Olympic athletes. *Br Heart J*. 1993; 69(2): 125-8.
19. Zeppilli P, Corsetti R, Picani C. Adattamenti cardiocircolatori nelle diverse discipline sportive. In: Zeppilli P, editor. *Cardiologia dello sport*. 2ª ed. Roma: CESI; 1996. p. 37-78.
20. de Simone G, Daniels SR, Devereux RB, Meyer RA, Roman MJ, de Divitiis O, et al. Left ventricular mass and body size in normotensive children and adults: assessment of allometric relations and impact of overweight. *J Am Coll Cardiol*. 1992; 20(5): 1251-60.
21. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Maron BJ. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med*. 1999; 130(1): 23-31.
22. Owen A, Theakston SC, O'Donovan G, Bird SR. Right and left ventricular diastolic function of male endurance athletes. *Int J Cardiol*. 2004; 95(2-3): 231-5.

23. Pela G, Bruschi G, Montagna L, Manara M, Manca C. Left and right ventricular adaptation assessed by Doppler tissue echocardiography in athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004; 17(3): 205-11.
24. Ector J, Ganame J, van der Merwe N, Adriaenssens B, Pison L, Willems R, et al. Reduced right ventricular ejection fraction in endurance athletes presenting with ventricular arrhythmias: a quantitative angiographic assessment. *Eur Heart J.* 2007; 28(3): 345-53.
25. La Gerche A, Burns AT, Mooney DJ, Inder WJ, Taylor AJ, Bogaert J, et al. Exercise-induced right ventricular dysfunction and structural remodelling in endurance athletes. *Eur Heart J.* 2012; 33(8): 998-1006.
26. Heidbuchel H, La Gerche A. The right heart in athletes. Evidence for exercise-induced arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy. *Herzschrittmacherther Elektrophysiol.* 2012; 23(2): 82-6.
27. Scott JM, Esch BT, Haykowsky MJ, Paterson I, Warburton DE, Chow K, et al. Effects of high intensity exercise on biventricular function assessed by cardiac magnetic resonance imaging in endurance trained and normally active individuals. *Am J Cardiol.* 2010; 106(2): 278-83.
28. Spence AL, Naylor LH, Carter HH, Buck CL, Dembo L, Murray CP, et al. A prospective randomised longitudinal MRI study of left ventricular adaptation to endurance and resistance exercise training in humans. *J Physiol.* 2011; 589(Pt 22): 5443-52.
29. Fagard RH. Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. *Int J Sports Med.* 1996; 17 Suppl 3: S140-4.
30. George KP, Wolfe LA, Burggraf GW. The 'athletic heart syndrome'. A critical review. *Sports Med.* 1991; 11(5): 300-30.
31. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation.* 2000; 101(3): 336-44.
32. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, et al. Prevalence and clinical significance of left atrial remodeling in competitive athletes. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 46(4): 690-6.
33. Boraita A. [Sudden death and sport. Is there a feasible way to prevent it in athletes?]. *Rev Esp Cardiol.* 2002; 55(4): 333-6.
34. Boraita A. La muerte súbita del deportista. *Revista Española de Medicina Legal.* 2011; 37(4): 146-54.
35. Gaudio C, Pelliccia F, Evangelista A, Viceconte N, Greco C, Franzoni F, et al. Sudden death and physical exercise: timely diagnosis of congenital anomalies of the coronary arteries with the new 320-slide multi-detector computed tomography. *Intern Emerg Med.* 2013; 8 Suppl 1: S35-9.
36. Manonelles P, Luengo E. Registro de muerte súbita. *Cardiología del Deporte Barcelona Nexus Médica.* 2005: 216-9.
37. Maron BJ. Sudden death in young athletes. *N Engl J Med.* 2003; 349(11): 1064-75.
38. Maron BJ. Contemporary considerations for risk stratification, sudden death and prevention in hypertrophic cardiomyopathy. *Heart.* 2003; 89(9): 977-8.
39. Maron BJ, Ackerman MJ, Nishimura RA, Pyeritz RE, Towbin JA, Udelson JE. Task Force 4: HCM and other cardiomyopathies, mitral valve prolapse, myocarditis, and Marfan syndrome. *J Am Coll Cardiol.* 2005; 45(8): 1340-5.
40. Maron BJ, Carney KP, Lever HM, Lewis JF, Barac I, Casey SA, et al. Relationship of race to sudden cardiac death in competitive athletes with hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2003; 41(6): 974-80.
41. Priori SG, Aliot E, Blomstrom-Lundqvist C, Bossaert L, Breithardt G, Brugada P, et al. Update of the guidelines on sudden cardiac death of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J.* 2003; 24(1): 13-5.
42. Pelliccia A. Outer limits of physiologic hypertrophy and relevance to the diagnosis of primary cardiac disease. *Cardiol Clin.* 1992; 10(2): 267-79.

43. Basavarajaiah S, Boraita A, Whyte G, Wilson M, Carby L, Shah A, et al. Ethnic differences in left ventricular remodeling in highly-trained athletes relevance to differentiating physiologic left ventricular hypertrophy from hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 2008; 51(23): 2256-62.
44. Zeppilli P, Bianco M, Bria S, Palmieri V. Bicuspid aortic valve: an innocent finding or a potentially life-threatening anomaly whose complications may be elicited by sports activity? *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2006; 7(4): 282-7.
45. Babaei Bigi MA, Aslani A. Aortic root size and prevalence of aortic regurgitation in elite strength trained athletes. *Am J Cardiol*. 2007; 100(3): 528-30.
46. Mitchell JH, Haskell W, Snell P, Van Camp SP. Task Force 8: classification of sports. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45(8): 1364-7.
47. McArdle W, Katch F, Katch V. Fisiología del ejercicio. Energía, nutrición y rendimiento humano. 2ª ed. Madrid: Alianza Editorial; 1995. p. 119-136.
48. Reilly T, Secher N, Snell P, Williams C, editors. *Physiology of sports* 1ª ed. London: Chapman and Hall; 1990.
49. Urhausen A, Kindermann W. Echocardiographic findings in strength- and endurance-trained athletes. *Sports Med*. 1992; 13(4): 270-84.
50. Pelliccia A, Spataro A, Maron BJ. Prospective echocardiographic screening for coronary artery anomalies in 1,360 elite competitive athletes. *Am J Cardiol*. 1993; 72(12): 978-9.
51. Boraita A, Serratos L, Lamiel R, Santaella O. Ecocardiografía del deportista. In: Manonelles Marqueta P, Boraita Pérez A, Luengo Fernández E, Pons de Beristain C, editors. *Cardiología del Deporte*. Barcelona: Nexus; 2005.
52. Zeppilli P, Vannicelli R, Santini C, Dello Russo A, Picani C, Palmieri V, et al. Echocardiographic size of conductance vessels in athletes and sedentary people. *Int J Sports Med*. 1995; 16(1): 38-44.
53. D'Andrea A, Cocchia R, Riegler L, Scarafile R, Salerno G, Gravino R, et al. Aortic root dimensions in elite athletes. *Am J Cardiol*. 2010; 105(11): 1629-34.
54. Douglas PS, Frey MJ. Assessment of anatomy and cardiac function by Doppler echocardiography. *Cardiol Clin*. 1989; 7(3): 483-91.
55. Boraita A, Rabadan M, Serratos L. Diferencias anatomo-funcionales entre la hipertrofia ventricular izquierda del deportista y del hipertenso. *Rev Esp Cardiol*. 1996; 49 (Supl 1): 64-71.
56. Perrault H, Turcotte RA. Exercise-induced cardiac hypertrophy. Fact or fallacy? *Sports Med*. 1994; 17(5): 288-308.
57. Pelliccia A, Spataro A, Caselli G, Maron BJ. Absence of left ventricular wall thickening in athletes engaged in intense power training. *Am J Cardiol*. 1993; 72(14): 1048-54.
58. Pelliccia A, Spataro A, Granata M, Biffi A, Caselli G, Alabiso A. Coronary arteries in physiological hypertrophy: echocardiographic evidence of increased proximal size in elite athletes. *Int J Sports Med*. 1990; 11(2): 120-6.
59. Haskell WL, Sims C, Myll J, Bortz WM, St Goar FG, Alderman EL. Coronary artery size and dilating capacity in ultradistance runners. *Circulation*. 1993; 87(4): 1076-82.
60. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden deaths in young competitive athletes: analysis of 1866 deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009; 119(8): 1085-92.
61. Maron BJ, Gohman TE, Aeppli D. Prevalence of sudden cardiac death during competitive sports activities in Minnesota high school athletes. *J Am Coll Cardiol*. 1998; 32(7): 1881-4.
62. Iskandar A, Thompson PD. A meta-analysis of aortic root size in elite athletes. *Circulation*. 2013; 127(7): 791-8.
63. Bossone E, Vriz O, Bodini BD, Rubenfire M. Cardiovascular response to exercise in elite ice hockey players. *Can J Cardiol*. 2004; 20(9): 893-7.
64. Calderon FJ, Diaz V, Peinado AB, Benito PJ, Maffulli N. Cardiac dimensions over 5 years in highly trained long-distance runners and sprinters. *Phys Sportsmed*. 2010; 38(4): 112-8.

65. Carlsson L, Lind B, Laaksonen MS, Berglund B, Brodin LA, Holmberg HC. Enhanced systolic myocardial function in elite endurance athletes during combined arm-and-leg exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2011; 111(6): 905-13.
66. Caselli S, Di Pietro R, Di Paolo FM, Pisicchio C, di Giacinto B, Guerra E, et al. Left ventricular systolic performance is improved in elite athletes. *Eur J Echocardiogr.* 2011; 12(7): 514-9.
67. Crouse SF, Rohack JJ, Jacobsen DJ. Cardiac structure and function in women basketball athletes: seasonal variation and comparisons with nonathletic controls. *Res Q Exerc Sport.* 1992; 63(4): 393-401.
68. D'Andrea A, Cocchia R, Riegler L, Salerno G, Scarafio R, Citro R, et al. Aortic stiffness and distensibility in top-level athletes. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012; 25(5): 561-7.
69. Di Paolo FM, Schmied C, Zerguini YA, Junge A, Quattrini F, Culasso F, et al. The athlete's heart in adolescent Africans: an electrocardiographic and echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol.* 2012; 59(11): 1029-36.
70. Dzudie A, Menanga A, Hamadou B, Kengne AP, Atchou G, Kingue S. Ultrasonographic study of left ventricular function at rest in a group of highly trained black African handball players. *Eur J Echocardiogr.* 2007; 8(2): 122-7.
71. Galanti G, Stefani L, Toncelli L, Vono MC, Mercuri R, Maffulli N. Effects of sports activity in athletes with bicuspid aortic valve and mild aortic regurgitation. *Br J Sports Med.* 2010; 44(4): 275-9.
72. Krol W, Braksator W, Kasprzak JD, Kuch M, Mamcarz A, Chybowska B, et al. The influence of extreme mixed exertion load on the right ventricular dimensions and function in elite athletes: a tissue Doppler study. *Echocardiography.* 2011; 28(7): 753-60.
73. Lamont LS. Effects of training on echocardiographic dimensions and systolic time intervals in women swimmers. *J Sports Med Phys Fitness.* 1980; 20(4): 397-404.
74. Lewis JF, Maron BJ, Diggs JA, Spencer JE, Mehrotra PP, Curry CL. Preparticipation echocardiographic screening for cardiovascular disease in a large, predominantly black population of collegiate athletes. *Am J Cardiol.* 1989; 64(16): 1029-33.
75. Magalski A, McCoy M, Zabel M, Magee LM, Goeke J, Main ML, et al. Cardiovascular screening with electrocardiography and echocardiography in collegiate athletes. *Am J Med.* 2011; 124(6): 511-8.
76. Rawlins J, Carre F, Kervio G, Papadakis M, Chandra N, Edwards C, et al. Ethnic differences in physiological cardiac adaptation to intense physical exercise in highly trained female athletes. *Circulation.* 2010; 121(9): 1078-85.
77. Rubal BJ, Rosentswieg J, Hamerly B. Echocardiographic examination of women collegiate softball champions. *Med Sci Sports Exerc.* 1981; 13(3): 176-9.
78. Thunenkotter T, Schmied C, Grimm K, Dvorak J, Kindermann W. Precompetition cardiac assessment of football players participating in the 2006 FIFA World Cup Germany. *Clin J Sport Med.* 2009; 19(4): 322-5.
79. Whyte G, Sharma S, George K, McKenna WJ. Alterations in cardiac morphology and function in elite multi-disciplinary athletes. *Int J Sports Med.* 1999; 20(4): 222-6.
80. Wieling W, Borghols EA, Hollander AP, Danner SA, Dunning AJ. Echocardiographic dimensions and maximal oxygen uptake in oarsmen during training. *Br Heart J.* 1981; 46(2): 190-5.
81. Spataro A, Pelliccia A, Caselli G. Echocardiographic standards in top-class athletes: a morphological study. *Int J Sports Cardiol.* 1985; 2: 17-27.
82. Deligiannis AP, Mandroukas K. Noninvasive cardiac evaluation of weight-lifters using anabolic steroids. *Scand J Med Sci Sports.* 1992; 3: 37-40.
83. Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, O'Loughlin J. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol.* 1989; 64(8): 507-12.
84. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification

- Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005; 18(12): 1440-63.
85. Reed CM, Richey PA, Pulliam DA, Somes GW, Alpert BS. Aortic dimensions in tall men and women. *Am J Cardiol.* 1993; 71(7): 608-10.
 86. Kinoshita N, Mimura J, Obayashi C, Katsukawa F, Onishi S, Yamazaki H. Aortic root dilatation among young competitive athletes: echocardiographic screening of 1929 athletes between 15 and 34 years of age. *Am Heart J.* 2000; 139(4): 723-8.
 87. Grossman W, Jones D, McLaurin LP. Wall stress and patterns of hypertrophy in the human left ventricle. *J Clin Invest.* 1975; 56(1): 56-64.
 88. Hutchins GM, Bulkley BH, Moore GW, Piasio MA, Lohr FT. Shape of the human cardiac ventricles. *Am J Cardiol.* 1978; 41(4): 646-54.
 89. Harris P. Evolution and the cardiac patient. *Cardiovasc Res.* 1983; 17(7): 373-8.
 90. Sullivan J, Hanson P, Rahko PS, Folts JD. Continuous measurement of left ventricular performance during and after maximal isometric deadlift exercise. *Circulation.* 1992; 85(4): 1406-13.
 91. Cohen JL, Segal KR. Left ventricular hypertrophy in athletes: an exercise-echocardiographic study. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(6): 695-700.
 92. Keul J, Dickhuth HH, Simon G, Lehmann M. Effect of static and dynamic exercise on heart volume, contractility, and left ventricular dimensions. *Circ Res.* 1981; 48(6 Pt 2): 1162-70.
 93. Colan SD, Sanders SP, MacPherson D, Borow KM. Left ventricular diastolic function in elite athletes with physiologic cardiac hypertrophy. *J Am Coll Cardiol.* 1985; 6(3): 545-9.
 94. Longhurst JC, Kelly AR, Gonyea WJ, Mitchell JH. Echocardiographic left ventricular masses in distance runners and weight lifters. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol.* 1980; 48(1): 154-62.
 95. Douglas PS. Cardiac considerations in the triathlete. *Med Sci Sports Exerc.* 1989; 21(5 Suppl): S214-8.
 96. Michelsen S, Knutsen KM, Stugaard M, Otterstad JE. Is left ventricular mass in apparently healthy, normotensive men correlated to maximal blood pressure during exercise? *Eur Heart J.* 1990; 11(3): 241-8.
 97. Shapiro LM, Smith RG. Effect of training on left ventricular structure and function. An echocardiographic study. *Br Heart J.* 1983; 50(6): 534-9.
 98. Wolfe LA, Martin RP, Seip RL. Absence of left ventricular hypertrophy in elite college basketball players. *Can J Appl Sport Sci.* 1985; 10(3): 116-21.
 99. Sepulveda F, De Oliveira E, Guedes de Oliveira P, De Macedo E, Maciel L, Costa O, et al. M-mode echocardiography study of twenty-two top class racing cyclists. *J Sports Med Phys Fitness.* 1989; 29(2): 136-40.
 100. Rost R, Hollmann W. Athlete's heart--a review of its historical assessment and new aspects. *Int J Sports Med.* 1983; 4(3): 147-65.
 101. Shapiro LM. Physiological left ventricular hypertrophy. *Br Heart J.* 1984; 52(2): 130-5.
 102. Dickhuth HH, Roecker K, Niess A, Hipp A, Heitkamp HC. The echocardiographic determination of volume and muscle mass of the heart. *Int J Sports Med.* 1996; 17 Suppl 3: S132-9.
 103. Fagard R, Aubert A, Staessen J, Eynde EV, Vanhees L, Amery A. Cardiac structure and function in cyclists and runners. Comparative echocardiographic study. *Br Heart J.* 1984; 52(2): 124-9.
 104. Fagard RH. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin.* 1992; 10(2): 241-56.
 105. Blomquist CG, B. S. Cardiovascular adaptations to physical training. *Ann Rev Physiol* 1983; 45.
 106. Lewis SF, Nylander E, Gad P, Areskog NH. Non-autonomic component in bradycardia of endurance trained men at rest and during exercise. *Acta Physiol Scand.* 1980; 109(3): 297-305.

- 107.Hollmann W, Frenkl R, P B. The cardiovascular system. In: Dirix A, Knuttgen HG, K T, editors. The Olympic Book of Sports Medicine: The Olympic Book of Sports Medicine; 1988.
- 108.Nishimura T, Yamada Y, Kawai C. Echocardiographic evaluation of long-term effects of exercise on left ventricular hypertrophy and function in professional bicyclists. *Circulation*. 1980; 61(4): 832-40.
- 109.Gutgesell HP, Paquet M, Duff DF, McNamara DG. Evaluation of left ventricular size and function by echocardiography. Results in normal children. *Circulation*. 1977; 56(3): 457-62.
- 110.Henry WL, Gardin JM, Ware JH. Echocardiographic measurements in normal subjects from infancy to old age. *Circulation*. 1980; 62(5): 1054-61.
- 111.Canda A, editor. Variables antropométricas de la población deportista española. Madrid: Consejo Superior de Deportes. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte; 2012.
- 112.Lakatta EG. Cardiovascular regulatory mechanisms in advanced age. *Physiol Rev*. 1993; 73(2): 413-67.
- 113.Wilmore JH, Costill DL. Aging and the older athletes. In: Wilmore JH, Costill DL, editors. *Physiology of Sport and Exercise*. 2ª ed. Leeds: Human Kinetics; 1999. p. 544-62.
- 114.Saltin B. The aging endurance athlete. In: Sutton JR, Brock RM, editors. *Sports medicine for the mature athlete*. Indianapolis: Benchmark Press; 1986.
- 115.Rodeheffer RJ, Gerstenblith G, Becker LC, Fleg JL, Weisfeldt ML, Lakatta EG. Exercise cardiac output is maintained with advancing age in healthy human subjects: cardiac dilatation and increased stroke volume compensate for a diminished heart rate. *Circulation*. 1984; 69(2): 203-13.
- 116.Ehsani AA, Hagberg JM, Hickson RC. Rapid changes in left ventricular dimensions and mass in response to physical conditioning and deconditioning. *Am J Cardiol*. 1978; 42(1): 52-6.
- 117.Kiratjoglu TK, Gemitzis KD, Kouglioumtzidis CP. Noninvasive evaluation of cardiac structure and function in alpinists. *Am J Cardiol*. 1989; 64(10): 676-9.
- 118.Martin WH, 3rd, Montgomery J, Snell PG, Corbett JR, Sokolov JJ, Buckey JC, et al. Cardiovascular adaptations to intense swim training in sedentary middle-aged men and women. *Circulation*. 1987; 75(2): 323-30.
- 119.Telford RD, McDonald IG, Ellis LB, Chennells MH, Sandstrom ER, Fuller PJ. Echocardiographic dimensions in trained and untrained 12-year-old boys and girls. *J Sports Sci*. 1988; 6(1): 49-57.
- 120.Wolfe LA, Martin RP, Watson DD, Lasley RD, Bruns DE. Chronic exercise and left ventricular structure and function in healthy human subjects. *J Appl Physiol* (1985). 1985; 58(2): 409-15.
- 121.Rubal BJ, Al-Muhailani AR, Rosentswieg J. Effects of physical conditioning on the heart size and wall thickness of college women. *Med Sci Sports Exerc*. 1987; 19(5): 423-9.
- 122.George KP, Wolfe LA, Burggraf GW, Norman R. Electrocardiographic and echocardiographic characteristics of female athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27(10): 1362-70.
- 123.Gleim GW, Stachenfeld NS, Coplan NL, Nicholas JA. Gender differences in the systolic blood pressure response to exercise. *Am Heart J*. 1991; 121(2 Pt 1): 524-30.
- 124.Savage DD, Levy D, Dannenberg AL, Garrison RJ, Castelli WP. Association of echocardiographic left ventricular mass with body size, blood pressure and physical activity (the Framingham Study). *Am J Cardiol*. 1990; 65(5): 371-6.
- 125.Blimkie CJ, Cunningham DA, Nichol PM. Gas transport capacity and echocardiographically determined cardiac size in children. *J Appl Physiol Respir Environ Exerc Physiol*. 1980; 49(6): 994-9.
- 126.Ullrich I, Younis M, R Y. Cardiac hypertrophy in weightlifters: only in steroid users? *Med Sci Sports Exerc*. 1990; 22(Supl.): S64.
- 127.Salke RC, Rowland TW, Burke EJ. Left ventricular size and function in body builders using anabolic steroids. *Med Sci Sports Exerc*. 1985; 17(6): 701-4.

- 128.Zuliani U, Bernardini B, Catapano A, Campana M, Cerioli G, Spattini M. Effects of anabolic steroids, testosterone, and HGH on blood lipids and echocardiographic parameters in body builders. *Int J Sports Med*. 1989; 10(1): 62-6.
- 129.Adams TD, Yanowitz FG, Fisher AG, Ridges JD, Nelson AG, Hagan AD, et al. Heritability of cardiac size: an echocardiographic and electrocardiographic study of monozygotic and dizygotic twins. *Circulation*. 1985; 71(1): 39-44.
- 130.Bielen EC, Fagard RH, AK. A. Inheritance of heart structure and physical exercise capacity: a study of left ventricular structure and exercise capacity in 7 year old twins. *Eur Heart J* 1990; 11: 7.
- 131.Bielen EC, Fagard RH, Amery AK. Inheritance of acute cardiac changes during bicycle exercise: an echocardiographic study in twins. *Med Sci Sports Exerc*. 1991; 23(11): 1254-9.
- 132.Landry F, Bouchard C, Dumesnil J. Cardiac dimension changes with endurance training. Indications of a genotype dependency. *JAMA*. 1985; 254(1): 77-80.
- 133.Kassab GS. Biomechanics of the cardiovascular system: the aorta as an illustratory example. *J R Soc Interface*. 2006; 3(11): 719-40.
- 134.Serratos Fernández LJ. Características morfológicas del corazón del deportista de elite. Estudio ecocardiográfico. Madrid ^: Autónoma; 1998.
- 135.Burr J, Phillips A, Drury T, Ivey A, Warburton D. Temporal Response of Arterial Stiffness to Ultra-Marathon. *International journal of sports medicine*. 2014; (EFirst).
- 136.Morra EA, Zaniqueli D, Rodrigues SL, El-Aouar LM, Lunz W, Mill JG, et al. Long-term intense resistance training in men is associated with preserved cardiac structure/function, decreased aortic stiffness, and lower central augmentation pressure. *Journal of hypertension*. 2014; 32(2): 286-93.
- 137.Burr JF, Drury CT, Phillips AA, Ivey A, Ku J, Warburton DE. Long-term ultra-marathon running and arterial compliance. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2013.
- 138.Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, O'Connor FC, Wright JG, Lakatta LE, et al. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation*. 1993; 88(4): 1456-62.
- 139.Radtke T, Schmidt-Trucksäss A, Brugger N, Schäfer D, Saner H, Wilhelm M. Ultra-endurance sports have no negative impact on indices of arterial stiffness. *European journal of applied physiology*. 2014; 114(1): 49-57.
- 140.Rakobowchuk M, Tanguay S, Burgomaster KA, Howarth KR, Gibala MJ, MacDonald MJ. Sprint interval and traditional endurance training induce similar improvements in peripheral arterial stiffness and flow-mediated dilation in healthy humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. 2008; 295(1): R236-R42.
- 141.Petersen SE, Wiesmann F, Hudsmith LE, Robson MD, Francis JM, Selvanayagam JB, et al. Functional and structural vascular remodeling in elite rowers assessed by cardiovascular magnetic resonance. *Journal of the American College of Cardiology*. 2006; 48(4): 790-7.
- 142.Tanriverdi H, Evrengul H, Kaftan A, Dursunoglu D, Turgut S, Akda B, et al. Effects of angiotensin-converting enzyme polymorphism on aortic elastic parameters in athletes. *Cardiology*. 2005; 104(3): 113-9.
- 143.Cook JN, DeVan AE, Schleifer JL, Anton MM, Cortez-Cooper MY, Tanaka H. Arterial compliance of rowers: implications for combined aerobic and strength training on arterial elasticity. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2006; 290(4): H1596-600.
- 144.Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, et al. Relationship between arterial stiffness and athletic training programs in young adult men. *Am J Hypertens*. 2007; 20(9): 967-73.
- 145.Currie KD, Thomas SG, Goodman JM. Effects of short-term endurance exercise training on vascular function in young males. *Eur J Appl Physiol*. 2009; 107(2): 211-8.
- 146.Nualnim N, Barnes JN, Tarumi T, Renzi CP, Tanaka H. Comparison of central artery elasticity in swimmers, runners, and the sedentary. *Am J Cardiol*. 2011; 107(5): 783-7.

- 147.Tordi N, Colin E, Mourot L, Bouhaddi M, Regnard J, Laurant P. Effects of resuming endurance training on arterial stiffness and nitric oxide production during exercise in elite cyclists. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2006; 31(3): 244-9.
- 148.Otsuki T, Maeda S, Iemitsu M, Saito Y, Tanimura Y, Ajisaka R, et al. Vascular endothelium-derived factors and arterial stiffness in strength- and endurance-trained men. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2007; 292(2): H786-91.
- 149.Roman MJ, Devereux RB, Niles NW, Hochreiter C, Kligfield P, Sato N, et al. Aortic root dilatation as a cause of isolated, severe aortic regurgitation. Prevalence, clinical and echocardiographic patterns, and relation to left ventricular hypertrophy and function. *Ann Intern Med*. 1987; 106(6): 800-7.
- 150.Kim M, Roman MJ, Cavallini MC, Schwartz JE, Pickering TG, Devereux RB. Effect of hypertension on aortic root size and prevalence of aortic regurgitation. *Hypertension*. 1996; 28(1): 47-52.
- 151.Maron BJ, Zipes DP. Introduction: eligibility recommendations for competitive athletes with cardiovascular abnormalities-general considerations. *J Am Coll Cardiol*. 2005; 45(8): 1318-21.
- 152.Loeys BL, Dietz HC, Braverman AC, Callewaert BL, De Backer J, Devereux RB, et al. The revised Ghent nosology for the Marfan syndrome. *J Med Genet*. 2010; 47(7): 476-85.
- 153.Norton H, Olds T, editors. *Anthropometrica*. Sidney: UNSW Press; 1996.
- 154.DuBois F, DuBois EF. Clinical calorimetry: X. A formula to estimate the approximate surface area if height and weight be known *Arch Intern Med*. 1916; 17: 863.
- 155.Sokolow M, Lyon TP. The ventricular complex in left ventricular hypertrophy as obtained by unipolar precordial and limb leads. *Am Heart J* 1949; 37: 161.
- 156.Parati G, Stergiou GS, Asmar R, Bilo G, de Leeuw P, Imai Y, et al. European Society of Hypertension practice guidelines for home blood pressure monitoring. *J Hum Hypertens*. 2010; 24(12): 779-85.
- 157.Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R. Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence of absence of asynergy. *Am J Cardiol*. 1976; 37(1): 7-11.
- 158.Cohen J. A power primer. *Psychol Bull*. 1992; 112(1): 155-9.
- 159.Fleiss JL. *The design and analysis of clinical experiments*. New York: Wiley; 1986.
- 160.Pelliccia A. Determinants of morphologic cardiac adaptation in elite athletes: the role of athletic training and constitutional factors. *Int J Sports Med*. 1996; 17 Suppl 3: S157-63.
- 161.Serratos L, Boraita A. El corazón del deportista. 2000; 1: 20-32.
- 162.Pelliccia A, Di Paolo FM, De Blasiis E, Quattrini FM, Pisicchio C, Guerra E, et al. Prevalence and clinical significance of aortic root dilation in highly trained competitive athletes. *Circulation*. 2010; 122(7): 698-706.